UNIVERSITY OF TORONTO
3 1761 01537928 2
SD
434
N64
RSITY
OF
TORONTO
LIBRARY

Die

Gewerblichen Eigenschaften

der Hölzer

von

Dr. H. Nördlinger,
Oberforstrat und Universitätsprofessor a. D.

LIBRARY
FACULTY OF FORESTRY
UNIVERSITY OF TORONTO

8417
11/10/07

Stuttgart 1890.
Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung
Nachfolger.

Alle Rechte vorbehalten.

SD
434
N64

Druck von Gebrüder Kröner in Stuttgart.

Einleitung.

Im Jahr 1860 erschienen meine „technischen Eigenschaften der Hölzer“ *), welche ich auch heute noch glaube als Begründung dieser Lehre ansehen zu dürfen. Selbst an der dortigen Einteilung des Stoffes weiß ich wenig zu ändern.

Dagegen habe ich auf demselben Gebiete seither zu arbeiten fortgefahren. Insbesondere konnte ich, nachdem ich mich früher hatte erborgter Apparate bedienen müssen, dank der Berücksichtigung meiner Thätigkeit seitens der kgl. württembergischen Regierung, mich besonders den mechanischen Eigenschaften der Hölzer zuwenden. Die Uebersichten von Federkraft und Festigkeit der Hölzer zeigen, daß ich eine große Reihe von Bäumen der Prüfung unterwarf. Darunter auch eine namhafte Zahl solcher, welche ich der Freigebigkeit der kgl. bayerischen, der kgl. italienischen, der k. k. österreichischen, der schweizerischen Regierung, auch mehrerer Privaten verdankte.

Ursprünglich hegte ich die Absicht, meine neueren Ergeb-

*) Die technischen Eigenschaften der Hölzer für Forst- und Baubeamte, Technologen und Gewerbetreibende von Dr. H. Nördlinger, Professor und Oberförster zu Hohenheim. Stuttgart, J. G. Cotta'scher Verlag. 1860. gr. 8. XVI. 550 S. Mit zahlreichen Abbildungen.

nisse in einem II. Teile der technischen Eigenschaften erscheinen zu lassen. Bald zeigte sich aber, daß die vielen zu Begründung der Festigkeit und der Federkraft notwendigen Zahlen besser einigen Abhandlungen hierüber einverleibt würden.

Nachdem solche in den Jahrgängen XIV und XV, 1888 und 1889, des österreichischen Zentralblattes für das gesamte Forstwesen erschienen, konnte ich noch einen Schritt weitergehen und für ein größeres Publikum die Ergebnisse meiner Forschungen in gedrängter Kürze zusammenstellen. Ich hatte mich hiebei aus Rücksicht für den Raum auf die Wiedergabe von nur ganz wenigen figürlichen Darstellungen zu beschränken und muß diejenigen Leser, welche eine nähere Begründung zahlreicher Kapitel wünschen, auf die vielerlei erklärenden Abbildungen verweisen, welche mein Werk von 1860 enthält.

Nun aber eine Bemerkung, welche ich zumal den Versuchen über die mechanischen Eigenschaften der Hölzer vorausschicken möchte.

Mein Apparat erlaubte mir nicht, wie derjenige Bauschingers zu München oder gar derjenige Jennys am Polytechnikum zu Wien, größere Dimensionen zu verwenden als die von mir bei den einzelnen Eigenschaften angegebenen. Ich bedauerte das nicht. Denn mit schwachen Hölzern erreicht man die Lufttrockenheit früher als mit stärkern. Ja bei stärkern Sortimenten, von 10 cm und mehr, braucht man, außer bei Nadelhölzern, zur Lufttrockenheit eine Reihe von Jahren. Nicht lufttrockenes Material entwickelt aber nicht nur weniger Kraft, sondern läßt sich ohne zeitraubende Bestimmung seines Feuchtigkeitsgehaltes in seinen Ergebnissen schwer mit anderen Angaben vergleichen. Sodann erkennt man schwächende Fehler des Materiales an dünnen Stücken viel leichter als an stärkeren. Letztere sind häufig fehlerlos kaum zu bekommen. Welch störenden Einfluß Aeste, ja selbst schlafende Knospen, auf die Kräfte des Holzes haben, erfährt man schon bei den ersten Versuchen.

Nur mit regelmäßig erwachsenem Holze kann man überhaupt Versuche über Leistungsfähigkeit anstellen. Es ist Aufgabe der Forstwirtschaft, unsere Bauholz liefernden Bestände möglichst früh der Astreinheit zuzuführen. Glattschäftigem Holze wird die Zukunft gehören. Was solches vermag, ist mit einem Blick in unsere Festigkeitstabelle zu erkennen. Handelt es sich dagegen um Versuche mit Hölzern aus einem gegebenen Walde, von bekanntem Boden und Wirtschaftssysteme, so werden wir mit den Fehlern des darin erwachsenden Holzes rechnen müssen und könnten sagen: je stärker die Probestücke, desto besser, wäre nur nicht die Schwierigkeit der Erlangung der Lufttrockenheit.

Den Tadel zu schwacher Abmaße der Probehölzer müßte ich mir gefallen lassen, wenn die von mir verwendeten Hölzer nicht in der Regel mehrere Jahresringe in sich begriffen hätten. Solches war jedoch der Fall und erlaubte eben die genaue Unterscheidung verschiedenerer Holzzustände (Trockengewichte, Rotholz u. s. w.).

Daß meine Auffassung eine gewisse Berechtigung hat, dürfte aus einer Reihe Druckfestigkeitsbeobachtungen hervorgehen, die ich im einzelnen im österreichischen Zentralblatte für das gesamte Forstwesen (März 1887) veröffentlichte. Bei Gelegenheit von Druckfederkraftproben kommt es nämlich öfters vor, daß die 26 mm im Gevierte haltenden quadratischen Säulen absitzen. Ist es richtig, daß stärkere Dimensionen vorteilhafter sind als schwache, sagte ich mir, so müssen die vorstehenden Proben mehr Festigkeit ergeben als die aus nur 20 mm zeigenden Säulchen hergeleiteten Zahlen. Die stärkeren hatten aber um 11% geringere Leistung. Es scheint dies wenigstens für Ebenbürtigkeit schwächerer Abmaße zu sprechen.

Im Einklange mit den stärkeren Probehölzern legte Bauschinger seinen Versuchen als Einheit das Quadratzentimeter zu Grunde. Meine Einheit war das Quadratmillimeter. Da deren 100 auf das Quadratzentimeter gehen, hätte ich leicht können

meine Festigkeitszahlen auf das Quadratzentimeter beziehen. Ich brauchte zu diesem Behufe nur den Punkt um die beiden Dezimalen nach rechts zu rücken. Ich verzichtete jedoch darauf, weil ich sonst, um konsequent zu sein, hätte den Federkraftzahlen müssen zwei Nullen anhängen und somit Raum opfern. Für denjenigen, welcher vorzieht, statt mit mir nach Kilo, nach Vielfachen des atmosphärischen Druckes zu rechnen, bemerke ich, daß dieser einer Wassersäule von 10 m Höhe das Gleichgewicht hält, was dem Druck eines Kilo auf das Quadratzentimeter oder von 10 g auf das Quadratmillimeter entspricht.

Die häufigen Astspuren in den sonst so verdienstlichen Bauschingerschen Zahlen, der Mangel an Harmonie im Feuchtigkeitsgehalte der von ihm untersuchten Proben gegenüber den meinigen (siehe S. 62), endlich bei vielen Autoren die Nichtberücksichtigung des spezifischen Trockengewichtes, ohne welches Uebereinstimmung niemals zu erzielen sein wird, ließen mich auf die Benützung der Angaben anderer Schriftsteller verzichten.

Den „technischen Eigenschaften vom Jahr 1860" wagte ich das unterdessen in Deutschland herrschend gewordene Metermaß zu Grunde zu legen. Ich bin nun zwar der Ueberzeugung, daß eine Abkürzung von Zentimeter, Millimeter, Quadratzentimeter, Quadratmillimeter in Zent, Mill, Quadratzent, Quadratmill 2c., ohne ihre Bedeutung zu schmälern, angezeigt wäre, wollte aber diese Neuerung nicht versuchen, aus Besorgnis, sie könnte den Begriffen schaden, welche kaum festen Fuß gefaßt haben.

Ebenso ließ mich der Charakter des Leserkreises, für den diese Arbeit bestimmt ist, auf Lateinschrift verzichten, welche ich bisher, den überzeugenden Gründen der Gebrüder Grimm folgend, meinen Arbeiten zu Grunde gelegt hatte.

Tübingen, im Juli 1889.

Nördlinger.

Inhaltsverzeichnis.

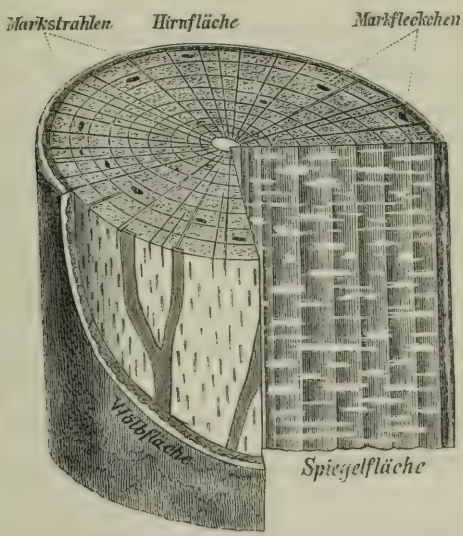
	Seite
Anatomischer Bau	1
Anlaufen (Ersticken)	82
Anschwellen in Dunst und Wasser	40. 41
Aschebestandteile	72
Astknoten	92
Aststümmel	4. 92
Ausfließen von Saft	8
Bähen	15
Beugungsfederkraft	44
„ festigkeit	59. 67
Biegsamkeit	52
„ in Beugung	53
„ in Stauung	53
„ in Streckung	53
„ Klassifikation	56
Brauschsein	91
Brennkraft (Brennwert)	75
Brüchigkeit	91
Chemische Zusammensetzung	72
Dämpfen	15
Dauer	81
Dichtheit	17
Drehwuchs	91
Druckfederkraft	43
Druckfestigkeit	59. 67
Dunstabgabe und -aufnahme	8. 15. 40
Dunstgehalt	15
Dünstung	8. 11. 12. 13
Durchscheinen grünen Holzes	7
Dürrgewicht (spezifisches)	23
Elastizität	41
„ Klassifikation	47
Elastizitätsgrenze	41
„ modul	43
Entmischung	82. 83
Farbe	6
Fasern	2
Fäulnis	83
„ Grenze	41
„ Klassifikation	47
Federkraft	41
Fehler	88
Feinfaserigkeit	4
Festigkeit	58
„ Klassifikation	67
Fliegenäste	84
Gärung (alkoholische)	82
Gefüge	4
Geruch	7
Glanz	6
Grüngewicht (spezifisches)	23
Härte	25
Harzporen	2
Hirnfläche	1
Holzringbreite	3
Holzringe	2
Hygroskopizität	15
Jahresringe	2
Kern	3
Kernholzbäume	3

	Seite
Kernschäle	90
Kollerwuchs	92
Kurzfaserigkeit	5
Langfaserigkeit	5
Laubholzporen	2. 3
Lufttrockengewicht (spezifisches)	18
„ Klassifikation	22
Mark	1
Markfleckchen	2
Markstrahlen	2
Maserbau	5
Maserwuchs	91
Mondring	90
„ falscher	90
Nadelhölzer	2
Neutrale Faser	42
Poren	2
Quellen	31. 41
Reifholzbäume	3
Reißen	31
Relative Fehler	92
Ringklüfte	90
Ringporige Hölzer	3
Ringschäle	90
Rotfäule	83
Saftfülle	9. 10
Saftgehalt	8
„ Klassifikation	11
Saftmaximum	9. 10
Saftmenge	8
„ in Proz. und wirkliche	8
Saftminimum (=armut)	9
Schwinden	31
„ Klassifikation	39
Senkwage	17
Sichwerfen des Holzes	31
Spaltbarkeit	26
„ Klassifikation	30
Spaltfläche	1
Spezifisches Gewicht	17
Spiegel	2
Spiegelfläche	1
Spiegelklüfte	89
Splint	3
Splintbäume	3
Spreufleckigkeit	84
Sprocksein	91
Strahlenrisse	89
Strauchwuchs	92
Streckungsfederkraft	42
Textur	4
Tränkung	13
Trockengewicht (spezifisches)	17. 18
„ Klassifikation	22
Trockenheit	13
Trocknung	13
Verwesung	83
Volumschwinden	38
Waldriß	89
Wandelbare Ringbreite	92
Wasseraufnahme	13. 40
Weißfäule	83
Wellenfaserigkeit	5
Wellenförmige Faser	91
Wölbfläche	1
Zähigkeit	58
Zerstreutporige Laubhölzer	2
Zugfederkraft	42
Zugfestigkeit	59. 67

1. Anatomischer Bau.

Eine große Zahl Erscheinungen auf dem hier zu behandelnden Gebiete wird für uns erst verständlich, wenn wir den Bau der Bäume und Baumtrümmer genau kennen.

Fig. 1.



Vor allem haben wir an ihnen zu unterscheiden die Hirnfläche, die Spiegel- oder Spaltfläche und endlich die Wölbfläche (Fig. 1).

In der Mitte des Baumes steht das Mark, welches,

wie beim Hollunder, weicher sein kann als das Holz, bei einer Anzahl Holzarten jedoch, z. B. Buche, so hart ist als letzteres.

Vom Marke zur Rinde laufen die Markstrahlen oder Spiegel. Sie erscheinen auf der Hirnseite als lange, auf der Wölbfläche als kurze Linien, auf der Spaltfläche als Bänder, welche gewöhnlich glänzen, spiegeln und daher der Spaltfläche auch den Namen Spiegelfläche verliehen. — Markfleckchen nennt man von Kerfen herrührende, aus weichem Markgewebe bestehende mondsichelförmige Fleckchen auf der Hirnseite der Bäume.

Zwischen Mark und Rinde finden wir eine dem Alter des Baumes entsprechende Zahl Holz- oder Jahresringe. Ihr Bau ist sehr verschieden und auf dessen Kenntnis beruht die Unterscheidung der Holzarten.

Die Hauptmasse der Holzringe besteht aus Fasern, welche nach der Länge des Baumes verlaufen und, im Innern hohl, größere oder geringere Festigkeit zeigen, je nach dem Verhältnis ihrer Haut und ihres Hohlraumes.

Am Anfange der Holzringe, dem Frühling entsprechend, pflegen die Fasern weitmaschiger und weicher zu sein als gegen den Umfang, welcher sich im Sommer (nicht im Herbste) bildet. Bei der Eiche findet sich überdies auf der Hirnfläche sichtbares weitmaschigeres Gewebe in Form von geschlängelten, den Ringen parallelen Linien durch den ganzen Holzring verteilt.

Neben den Holzfasern findet man bei einem Teile der Nadelhölzer, hauptsächlich gegen den Umfang einzeln oder zu wenigen zerstreut stehend, harzführende Poren (Harzporen). Bei den Laubhölzern sind die Poren von äußerst verschiedenartiger Verteilung. Entweder nämlich stehen sie, wie z. B. bei Ahorn, Buche, Birke, über den ganzen Jahresring als kleine Löcher gleichmäßig verteilt, weshalb wir diese Bäume „zerstreutporige" heißen, oder aber bilden sie, in Anzahl versammelt, Ringe oder Bänder am Beginne der Jahreslagen und

werden gegen den Umfang immer kleiner; so bei Eiche, Esche, Ulme u. s. w., welche wir deshalb „ringporig“ nennen. Die Laubholzporen sind stets mit Luft erfüllt.

Die jüngsten Holzringe sind die lebensthätigsten und saftreichsten und heißen Splint. Bäume, welche, wie Birke, Haine, Buche und Birnbaum, durch ihren ganzen Holzkörper Saft leiten, nennt man daher „Splintbäume“.

Bei vielen Holzarten rückt aber der Saft allmählich aus der Mitte des Baumes nach den jüngeren Schichten gegen außen. Behält das Innere seine bisherige Farbe und wird nur trockener, so sprechen wir von „Reifholzbäumen“. Zu diesen zählen wir Fichte, Roßkastanie und Linde. „Kernholzbäume“ dagegen heißen wir solche, deren trockenes Innere eine andere, dunklere Farbe annimmt, wie z. B. Eichen-, Ulmen- und Föhrenarten.

Irrtum ist, zu glauben, der Splint verwandle sich durch Holzablagerung allmählich in Kern. Wenn das Kernholz schwerer ist als der Splint, so hatte diese Eigenschaft schon der junge Baum, solange er noch aus lauter Splint bestand. Ablagerung von Farb- und anderen Stoffen im Kernholze kommt zwar vor, z. B. bei Pflaumenbäumen, spielt aber hinsichtlich des Gewichtes eine sehr untergeordnete Rolle.

Bei den ringporigen Laubholzarten steht innerhalb einer gewissen Grenze die Güte des Holzes häufig im Verhältnisse zur Breite der Holzringe, weil an breiteren Ringen das festere Sommerholz größere Entwickelung nimmt. Der schmalringige Splint von Eichen, Eschen, Ulmen dagegen ist vor lauter Porenkreisen oft gänzlich unbrauchbar.

Bei den Nadelhölzern aber haben die breiteren Ringe, sofern sie nicht von freiem Stande herrühren, vorzugsweise schwammiges Frühlingsholz. Deshalb nimmt bei ihnen mit dem Schmälerwerden der Ringe gegen außen der Wert des Holzes zu (nordische Föhre).

Absterbende Teile, wie z. B. Aststümmel (Fig. 2) oder bloßliegende Wunden, umwickelt der Baum mit besonders festem Holze. Merkwürdigerweise erstreckt sich aber dieses feste Holz

Fig. 2.

bei ersteren auch bis auf eine gewisse Entfernung nach oben und nach unten. Sein Vorhandensein erhöht das spezifische Trockengewicht und mit diesem z. B. die Druckfestigkeit.

---

2. Gefüge (Textur)

nennen wir das auf dem anatomischen Bau beruhende äußere Ansehen des Holzes.

Feine Textur (Feinfaserigkeit) findet sich im Grunde genommen nur bei Holz von feinen Elementarorganen, wie

Buchs, Eibenbaum, Roßkastanie u. dgl. Der Holzarbeiter indessen fragt dabei weniger hiernach als nach der Eigenschaft eines Holzes, sich behobelt glatt anzufühlen und besonders sich schön polieren zu lassen. Er rechnet deshalb viele Hölzer zu den feinen Hölzern, welche vermöge ihrer groben Poren (Mahagoni) oder starker Spiegel nicht dazu gezählt werden sollten.

Je feiner die Elementarorgane einer Holzart sind, desto feiner, d. h. dünner und gleichförmiger lassen sich ihre Späne aushobeln (Birke und Roßkastanie im Gegensatze zur Eiche oder Edelkastanie).

Langfaserig nennt man Hölzer, welche unter dem Hobel lange Späne geben oder der Faserlänge nach abgerissen sich in lange Faserbündel (Spieße) auflösen. Diese beiden Kennzeichen decken sich jedoch in keiner Weise. Jedes Holz, das nach Spalt- und Wölbseite schön gerade gewachsen ist, hobelt sich zu langen Spänen aus; sogar schlechter Edelkastanienkern und Wellingtonie, obgleich beide rübenartig kurzes Abbrechen im Zuge zeigen. Man kann daher als Kennzeichen der Langfaserigkeit nur das Verhalten gegen das Abreißen in der Länge gelten lassen und auf dessen Grund als langfaserig ansprechen z. B. das Holz von Birke, junger Eiche und Hickory. Kurzfaserig ist dagegen das von Buche, Haine, Ahorn, was mit deren vielen Spiegeln zusammenhängt. Ganz kurz brechen aus dem Innern alter Bäume stammendes oder sehr engjähriges Eichenholz, ebenso sehr weiche oder schwammig erwachsene Nadelhölzer, z. B. Arve.

Wellenförmiger Verlauf der Holzfaser, Verschlungenfaserigkeit, endlich Maserbau des Holzes haben Vorteile nur für das Ansehen des Holzes, nicht für seine mechanischen Eigenschaften.

3. Farbe.

Die Farbe ist eine zu Beurteilung der Beschaffenheit des Holzes sehr wichtige Eigenschaft.

Der Splint pflegt im Vergleiche zum inneren Teile, der bei vielen Holzarten eine dunklere Farbe zeigt (Kern), (gelblich oder rötlich) hellgefärbt zu sein.

Man kann dreierlei Farbenzustände unterscheiden: denjenigen des saftreichen Grünholzes am Stock der Bäume, den des halbwelken Holzes und den des lufttrockenen (bei Erle z. B. fleischrot, dann gelbrot und endlich rotbraun).

Alle gerbstoffhaltigen Hölzer werden in Berührung mit eisernen Werkzeugen schwärzlich oder schwarz. Der Kern von Eichenhölzern färbt sich, vielleicht ebenfalls wegen des Gerbstoffgehaltes, zumal bei engen Jahresringen, mißfarbig dunkel, zuweilen beinahe schwarz.

Lebhaftigkeit und Gleichmäßigkeit der Holzfarbe, in Verbindung mit raschem Abtrocknen des Kerns, ist, besonders bei Eichenhölzern, ein Gesundheitszeichen, unfreundlich braune Grünholzfarbe ein Zeichen geringen brüchigen Eichenholzes. Blaurote Farbe ist bei der Eiche nicht immer, doch meistens ein Merkmal eingetretener Zersetzung.

Hölzer, welche längere Zeit im Freien gelegen haben, bekommen äußerlich ein unvorteilhaftes Ansehen.

Grüngelblich ist die Splintfarbe der Schotenbäume. Kupfergrüne Farbe im Innern von Ahorn, Ulme und Zürgelbaum ist Beweis von Entmischung.

Fremdhölzer zeichnen sich oft durch besonders lebhafte Färbung in Rot, Blau, Gelb aus. Auch sie verändern sich häufig im Laufe der Jahre, verdunkeln ihr Ansehen ꝛc.

Der Glanz auf der Spaltseite von Ahorn, Esche, Platane rührt vom Reichtum an glänzenden Spiegeln des Holzes her.

Bei Pappeln sind die Spiegel matter und verliert dadurch das Ansehen der Spaltseite. Götterbaum und Mahagoni dagegen schimmern durch die ganze Masse, und diese Eigenschaft erhöht das Ansehen der Politur.

Das Durchscheinen einer dünnen Querscheibe frischen Holzes gibt ein bequemes Mittel, um Fehler zu erkennen, indem kranke Stellen undurchscheinend zu bleiben pflegen.

---

4. Geruch.

Die trockene Holzfaser wie die nasse ist geruchlos. Der eigentümliche Geruch vieler Hölzer im grünen oder im trockenen Zustand entstammt daher den im Holz enthaltenen sekundären Stoffen. Mit Austrocknung und Alter verändert sich der Grünholzgeruch häufig außerordentlich. Nasse Tannenstöcke riechen zuweilen nach Vanille. Der unangenehme Geruch frischen türkischen Weichselholzes wird zu dem bekannten angenehmen der türkischen Weichselröhren.

Der Geruch geht hauptsächlich vom Kernholz aus. Zedernkern z. B. riecht außerordentlich stark, Zedernsplint dagegen nicht.

Mit dem Geruch entgehen dem Holze verschiedene Stoffe: Zedernholz z. B. haucht so viel Terpentin aus, daß sich in Schränken von Zedernkernholz aufbewahrte Gegenstände mit einer Harzschichte bedecken. Kern von Thuja und Juniperus virginiana scheidet deutlichen Kamphergeruch aus. Viele Laubhölzer, besonders Eichen, haben einen Geruch nach Gerberloh. Schlingstrauch riecht wie schwarzes Pflaster, Platanenkern nach Roßdünger u. s. w.

---

5. Fähigkeit zu dünsten und Wasser oder Dunst einzusaugen.

Das Holz verliert seinen Saftgehalt gewöhnlich durch Dünstung.

Ein Ausfließen des Saftes aus dem Holze kommt nur selten vor und ist in der Regel Folge der Ausdehnung der im Holz enthaltenen Luft bei gestiegener Temperatur (Ahorne, Eschen).

Stellen wir zunächst Betrachtungen über die **Saftmenge** der Bäume an.

Man drückt den Saftgehalt des grünen Holzes in zweierlei Weise aus. Entweder 1) in Prozenten seines Gewichts: zeigt z. B. ein Grünholzstück, welches 120 g wiegt, nach der Austrocknung ein Gewicht von 90 g, so ist dessen Saftgehalt 0,25 vom Grüngewicht oder 25 %. Diese 25 % geben aber doch keinen rechten Begriff von dem Verhältnisse des Saftes zu der Menge vorhandener Holzfasern und Luft, weil die letzteren sich gegenseitig beeinflussen und in allen Mischungsverhältnissen vertreten sind. Man berechnet daher für manche Fälle den Saftgehalt besser 2) nach seinem wirklichen Betrag in Grammen (im obigen Beispiele 0,25 mal spezifisches Grüngewicht), wobei sich alsbald ergibt, daß obige 25 % sich erheblich verschieden gestalten müssen je nach der Höhe des spezifischen Grüngewichtes. Ist dieses nämlich gleich dem des Wassers oder 1,00, so ist der im Grüngewichte vertretene Saftbetrag im obigen Beispiele 0,25 g. Bei einem spezifischen Grüngewichte von 1,20 oder 0,48 hingegen ist er $0{,}25 \times 1{,}20 = 0{,}30$ g oder $0{,}25 \times 0{,}48 = 0{,}12$ g.

Solange die Rinde der Bäume noch gut geschlossen ist, sehen wir bei den Laubhölzern im Laufe des Jahres den Saftgehalt von Holz- und Rindekörper so ziemlich parallel verlaufen.

Es ist ein großer Irrtum, anzunehmen, daß die Bäume im Sommer mehr Wasser enthalten als im Winter. Daraus, daß im Sommer sich die Rinde leicht abschälen läßt, weil der junge Holzring in Ausbildung begriffen ist, folgt nichts für den Gang des Baumsaftgehaltes im Laufe des Sommers.

Bei den Laubhölzern fällt das Saftminimum in den Herbst, für die einen etwas früher, für die anderen etwas später (September bis November). Den Winter über füllt sich der Holzkörper mit Wasser, um im März bis Mai den höchsten Wassergehalt zu erreichen. Je älter und größer der Baum, desto unbedeutender erscheint an ihm die Thätigkeit der Pfahlwurzel. Es richtet sich daher an großen Bäumen der Saftgehalt nach der Thätigkeit der Seitenwurzeln. Diese werden mit Wintersanfang bei Kernholzbäumen zuerst die unteren Partien des Splints und später erst den Splint des Gipfels mit Wasser füllen. Nur bei Splintbäumen wird auch gegen innen sich von den Wurzeln aus der Saftgehalt steigern.

Uebrigens ist der Verlauf der Zunahme vom niedrigsten Saftstande zum höchsten bei verschiedenen Holzarten verschieden. Durchschnitte aus den Beobachtungen mehrerer Jahre verdecken öfters vorhandene Eigentümlichkeiten, wie z. B. ein starkes Fallen des Saftgehaltes zwischen April und Mai bei Grauerle.

Bei jungen dünnen Ausschlägen von Laubhölzern (Eiche, Esche) beträgt der Einfluß des in Ausbildung begriffenen Holzringes so viel, daß hier der höchste Saftgehalt in den Sommer fällt.

Wenn auch bei einigen Nadelhölzern das Saftmaximum in den Sommer fiel, fragt es sich, ob daran ebenfalls die Schwäche der verwendeten Stämmchen schuld war. Das ganze Jahr über scheint bei ihnen der Wassergehalt wenig abzuweichen.

Regen- und Trockenheitsperioden haben fast keine Einwirkung auf den Gang des Saftgehalts im Laufe des Jahres. Derselbe scheint sich nach den Vegetationsphasen zu richten. Ebenso hat der Mond auf ihn lediglich keinen Einfluß.

Zur Zeit des geringsten Saftgehaltes können schwere und leichte Hölzer (Buche und Hasel) übereinstimmen. Anders ist es zur Zeit der Saftfülle. In ihr pflegen schwammige und deshalb leichte Hölzer mehr Saft zu enthalten, als massige schwere. Der Unterschied beider im Saftgehalt ist daher namhaft größer zur Zeit der Saftfülle als zur Zeit der Saftarmut. Er steht bei jungem Holze (Splint) so ziemlich im umgekehrten Verhältnisse zum spezifischen Trockengewicht.

Im allgemeinen enthalten daher zur Zeit der Saftfülle lockere Hölzer $^1/_3$ bis $^1/_2$ und mehr Saft, dichtere nur $^1/_4$ bis $^1/_3$. Auch ganz lufttrockenes Holz enthält noch 15 %, ohne gesteigerte Hitze nicht entfernbare, Feuchtigkeit.

Was die Baumteile betrifft, so enthält zur Zeit der Saftfülle gewöhnlich die leichte Wurzel die größte Menge Saft. Im inneren Stocke pflegt er sparsam zu sein und sowohl nach außen, der Rinde zu, als nach oben im Schafte, mit Störungen in der Krone, zuzunehmen. Abweichungen von der Regel rühren gewöhnlich von Zufälligkeiten her, so z. B. von Krankheit. Dieser ist der hohe Saftgehalt des Inneren starker Ulmen, starker Nußbäume, selbst starker Tannen zuzuschreiben. An jungen Tannen trifft die Regel der größeren Trockenheit des Inneren zu, ebenso in den oberen Stockwerken starker Tannen. Abweichungen rühren auch her von Steigerung des spezifischen Trockengewichtes durch Freistand, in deren Folge äußere Schichten weniger Raum für Saft haben als innere lockerere.

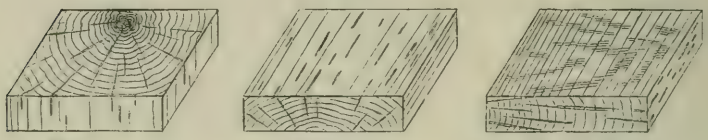
Alphabetische Uebersicht des Saftgehaltes, hauptsächlich im Untertrumme verschiedener Holzarten.

	Junges Holz (Splint) enthält Saft %	Inneres (Reifholz oder Kern) enthält Saft %
Ahorn, gemeiner . . .	29	28
„ Maßholder . .	40	25
„ Spitzahorn . .	40	25
Aspe	40	28
Birke	35	31
Buche	41	28
Eiche, Traubeneiche . .	33	28
Erle, gemeine	52	46
Esche	25	24
Fichte	50—60	11—13
Föhre, gemeine	49	15
„ Weymouthsföhre .	62	37
Haine	38	33
Hickory, weiße . . .	28	28
Kastanie, Edelkastanie .	39	33
„ Roßkastanie . .	43	35
Kirsche, Wildkirsche . .	40	23
Lärche	47	20
Linde	50	48
Nußbaum, gemeiner . .	37	44 (Zersetzung)
Pappel, gemeine kanad. .	50	62 (Zersetzung)
Paulownie	63	—
Platane	39	25
Robinie	31	22
Sperberbaum	31	26
Tanne	50—60	bald wie Fichte, bald 50—60 (Zersetzung)
Ulme	34	40 (Zersetzung)

Die Dünstung entrindeten Holzes richtet sich nach der Natur der Gewebe. Das kleinkörnigere Gewebe der Markstrahlen

und des Holzringumfanges dünstet weniger als das gröberzellige oder porenreichere des Ringanfangs. Die Hirnseite haucht, mindestens bei Laubhölzern, lebhafter aus als Sehnen-

Fig. 3.



Hirn. *Sehne.* *Spiegel.*

und Spiegelfläche, Splintholz namhaft stärker als Reifholz oder gesunder Kern. Ersticktes und faules Holz, insbesondere fauler nasser Kern dünstet sehr stark.

Größere Oberfläche dünstet bei deren gleicher Natur stärker als kleinere. Eine in der Ecke stehende Stange dünstet mit ihrem oberen schwammigeren Ende stärker als mit dem unteren dichteren. Von Saft strotzendes Holz fängt, ähnlich einem Badeschwamm, oft erst, nachdem es durch Dünstung mehr innere Oberfläche gewonnen hat, namhaft zu dünsten an.

Vierkantig beschlagenes Holz hat mehr Oberfläche im Verhältnisse zu seinem Kubikgehalt und kann daher rascher dünsten und die Dünstung früher beendigen als ein entsprechendes Rundstück. Da ersteres ferner mehr inneres saftarmes Holz enthält, hat es am Ende jeden Monats einen geringeren Dünstungsbetrag und erreicht bei geringerem Gesamtdünstungsbetrage seine Trockenheit früher als das Rundtrumm. Schließlich erreichen beide ihre Lufttrockenheit am Ende eines Sommers so weit, daß sie im darauf folgenden Winter wieder Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen; sie werden von nun an alljährlich im Herbste leichter, im Winter darauf wieder schwerer.

Berindetes Holz dünstet ungleich weniger als rinde-

loses, zumal wenn die einhüllende Rinde noch ganz geschlossen ist wie an Birke, junger Eiche ꝛc. Ein kleinfingerdickes Salenstückchen, dem man die Rinde abgezogen hat, kann nach 14 Tagen schon wieder vorübergehend an Gewicht zunehmen und in 4 Jahren vollständig trocken sein, während ein in der Rinde belassenes Vergleichsstück nach 15 Jahren zum erstenmal wieder an Gewicht zunimmt und erst nach 16 Jahren seine Trockenheit erreicht.

Es erhellt hieraus, welch lange Zeit Hölzer brauchen, vollends solche in der Rinde, um ihre gänzliche Trockenheit zu erlangen. Bei Versuchen mit Längsholz dürfen Stücke von 2 cm Stärke, im Winter gefällt, erst nach Frühling und Sommer, und im geheizten Zimmer zugebrachten Winter, also bei Heizung, erst nach einem Jahre verwendet werden, weil sie dann erst an Gewicht nicht mehr abnehmen.

Bei Eichenholz wurde früher in Werkstätten auf jeden Zoll Stärke ein Jahr Trocknung gerechnet. Aber es ist klar, daß dabei höchstens eine notdürftige Trocknung erreicht wurde. Starke Dimensionen erlauben, namentlich bei Rundholz, eine vollständige Austrocknung erst nach sehr langer Zeit, d. h. vielen Jahrzehnten. Alte Kelterbalken z. B. verlieren nach der Aufarbeitung so namhaft an Gewicht und schwinden derart, daß sie zu Schreinwerk ungeeignet sind.

Es versteht sich übrigens, daß die Umstände, unter denen das Holz austrocknen soll, von großem Einflusse sind. Unter dem trockenen Himmel der Provence trocknet das Holz so rasch, daß es häufig stark aufreißt und deshalb unbrauchbar wird. Im Hochgebirge dagegen geht die Trocknung sehr langsam vor sich. Ebenso in engen Waldthälern, im Schatten des Waldes noch langsamer als unter Dach, am raschesten natürlich in geheizten Räumen.

Tränkung in Wasser. Die Laubhölzer sind der Länge nach mit einer Menge Poren durchzogen, welche das Eindringen

des Wassers erleichtern. Daher sind sie unschwer zu tränken. Mit Leichtigkeit dringt bei ihnen das Wasser an der Hirnseite ein, weit weniger auf Sehnen- und Spaltseite. Die Nadelhölzer, denen Poren ganz oder fast ganz fehlen, tränken sich dagegen, einmal trocken geworden, auffallend schwer. Deshalb können sie durch den Golfstrom bis in hochnordische Regionen geführt werden.

Uebrigens hängt bei Laub- und Nadelholz die Tränkungsfähigkeit vor allem ab vom Alter der Holzschichten. Splint tränkt sich leicht und erreicht bald wieder sein ursprüngliches Grüngewicht, Reifholz am Umfange des Kerns schwerer, gesunder Kern am schwersten. Saugt dieser sich gerne mit Wasser voll, so ist er nicht gesund. Deshalb kann bei Kernholz schwierige Tränkung als Probe der Gesundheit oder guter Beschaffenheit dienen. Ersteres bei Ulme, wo zwischen gesundem und krankem Kerne zu unterscheiden; letzteres bei Eichenholz. Tischler und Drechsler können von diesem zu Möbeln nur schweres gebrauchen, d. h. solches, das nicht brausch ist und darauf gesetzte Tropfen Wasser schwer auffaugt.

Auch grünes Holz saugt meist Wasser ein, jedoch begreiflicher Weise weniger als trockenes, gedörrtes anfänglich schwieriger als anderes, aber schließlich in größerer Menge. Besonders gern saugt sich faules Holz voll Wasser.

Bei der Tränkung füllen sich zunächst die bei Hirnholz von Laubhölzern offenstehenden Poren, aus denen zugleich Luft entweicht. Von ihnen aus erreicht das Wasser auch die gewöhnlichen Holzzellen. An den Nadelhölzern ist dieser Vorgang wegen Mangels oder Sparsamkeit der Poren weit schwieriger. Mit der Tränkung der Gewebe nimmt das Holz wie ein benetzter Badeschwamm sein früheres (Grün-)Volumen wieder an. Da es aber alsdann meist noch viele Luft enthält, die nur allmählich aufgelöst wird, kann es an Gewicht noch monatelang zunehmen. Getränktes Holz kehrt, nachdem es

behutsam wieder ausgetrocknet worden, zum früheren Volumen und Gewichte zurück.

Dunstaufnahme und -abgabe oder Hygroskopizität. Alles annähernd trockene Holz ist in beständiger Arbeit, d. h. es nimmt, je nach dem Feuchtigkeitszustande der umgebenden Atmosphäre, entweder Feuchtigkeit auf oder gibt solche ab. Ganz lufttrockenes dünnes Holz saugt den Winter über Feuchtigkeit ein, um sie im Sommer und Herbst wieder zu verlieren. An dickeren Holzstücken sind die Schichten von außen nach innen in steter Aufnahme und Abgabe von Feuchtigkeit begriffen. Noch kann ein besonders trockener Sommer oder feuchter Winter sich nach innen geltend machen, während die äußeren Schichten bereits gewöhnlichen Sommern oder Wintern folgen. Junges Holz (Splint) saugt mehr Dunstfeuchtigkeit auf als inneres, älteres (Kern- oder Reifholz), porenreiches lebhafter als porenarmes. Mit der Dunstaufnahme ist merkliche Volumsvergrößerung und Gewichtserhöhung des Holzes verbunden. Nach der Trocknung zeigt es die früheren Verhältnisse wieder. Im Laufe vieler Jahrzehnte erfährt es eine leichte Entmischung: alte Kelterbalken gehen rascher zu Grund als anderes Eichenholz. Bähen und Dämpfen des Holzes gilt als Mittel, es gegen die Luftfeuchtigkeit minder empfindlich zu machen. Die Abnahme beträgt vom Winter zum Sommer bei dünnen Stücken 5—7 %, bei dickem Langholze natürlich viel weniger, im Falle Wechsels des Aufenthalts zwischen geheiztem Zimmer und kühlem, kellerähnlichem Raume sogar 7—9 % oder noch mehr.

Im Freien verweilendes Holz von unbedeutender Dicke hat bei gewöhnlichem Witterungsverlaufe seinen geringsten Dunstgehalt im September, in winters geheizten Räumen im Frühling. Aber auch vollständig trocken enthält es noch ein gewisses Feuchtigkeitsmaß, das ihm nur durch gesteigerte Temperatur (130 °, 160 ° und vielleicht noch mehr) entzogen werden kann. Alsdann bräunt es sich bereits durch und durch, was

wir den sich zuerst entmischenden Saftbestandteilen werden zuschreiben dürfen, und bricht gern, nach der Versicherung Duhamel's oft bei der geringsten Belastung. Wie groß dieser nur durch gleichzeitige Zersetzung entfernbare Feuchtigkeitsbetrag des Holzes sei, wäre mehrseitiger Untersuchung würdig. Die Agrikulturchemiker*) nehmen 15 % an. Damit nahezu übereinstimmend sind die durchschnittlich 16 % Gesamtgewichtsverlust, welche mein Kollege Hüfner durch Dörren von Nußbaum- und Buchenholz erst bei 130°, dann bei 160° C. feststellte, wogegen ein zweiter Versuch mit vielerlei Holzarten bei 130° nur 10, bei 150° 11 % ergab.

Als eine, wie mir scheint, interessante neueste Thatsache habe ich endlich noch anzuführen, daß eine gewisse Proportionalität zwischen der in einem Raume herrschenden Temperatur und dem Gewichte von Querscheiben besteht. Hatte man nämlich zur Zeit strenger Heizung im Winter mit solchen ein Minimum erreicht und heizt, der gestiegenen (Frühlings-)Temperatur entsprechend, in bescheidenerem Maße fort, so zeigen die Scheiben das frühere Minimum nicht mehr. Offenbar saugen sie über Nacht wieder so viel Feuchtigkeit ein, daß die schwächere Heizung bei Tage nicht imstande ist, sie beim niedrigsten Gewichte zu erhalten.

---

*) Wolff, Zusammensetzung der Asche. Stuttgart, Metzler 1865, S. 82.

6. Spezifisches Gewicht (Dichtheit) des Holzes oder Verhältnis seines Gewichtes zu dem eines gleichen Volumens Wasser.

Eine sehr wichtige Eigenschaft des Holzes.

Die Holzfaser an sich ist namhaft schwerer als Wasser, denn sie hat ungefähr 1,5 spezifisches Gewicht. Schließlich, d. h. wenn es seinen Luftgehalt durch Wasser ersetzt hat, muß daher jedes Holz im Wasser untersinken.

Unendlich verschieden ist bei den Hölzern der Anteil von Holzfaser, Wasser und Luft.

Man kann dasselbe in verschiedener Weise ermitteln:

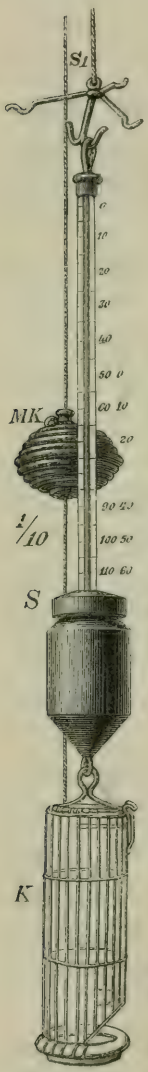
Einmal durch Abdrehen eines Cylinders aus dem zu untersuchenden Holz und Berechnung seines Inhaltes in Kubikzent und Division dieser Zahl in sein Grammgewicht. Da das Holz vom Grünzustande zum trockenen seine Form ändert, versteht sich aber, daß es behufs der Ermittelung seines spezifischen Trockengewichtes von neuem abgedreht werden muß. Einfacher ist daher in diesem Falle die Ermittelung des Volumens durch Eintauchen in eine mit Wasser entsprechend gefüllte Aräometerröhre, sowohl im grünen als im geschwundenen (trockenen) Zustande.

Bei Stäben von regelmäßiger Form, seien sie von quadratischem oder rechteckigem Querschnitt, ist die einfachste Methode der Bestimmung des spezifischen Gewichtes die des behutsamen Einsenkens in Wasser (begreiflich in einer kaum weiteren, führenden Glasröhre), nachdem man die Länge des Stabes gemessen hat, und Division der eingesunkenen Strecke durch die Länge des Stabes.

Für kurze Stücke besonders bequem ist der Gebrauch einer messingenen Senkwage (Fig. 4 S. 18), deren Anwendung für

leichte Hölzer durch verschieden schwere Messingringe namhaft erweitert werden kann.

Fig. 4.



Hat man z. B. einen Ring, welcher, in oder auf den Korb K gelegt, die Skala um 50 Einheiten tiefer ins Wasser zieht, so stellt sich der Schwimmer S statt auf 0 (bei 50) auf das obere 0, und kann somit die Skala in ihrer ganzen Erstreckung zum Ablesen dienen. Hat man ferner einen Ring für 100 und einen für 200, so können in dem Drathkorb sogar Hölzer Platz finden, welche 100, 200, ja bei Anwendung dieser beiden 300 Auftrieb haben. Nur muß alsdann entsprechend + 100, + 200 oder + 300 im Nenner des Ausdruckes für das spezifische Gewicht figurieren. Denn bei Anwendung der Senkwage ist, wenn P = Gewicht des Holzes in der Luft,

$$\text{spezifisches Gewicht} = \frac{P}{P + \text{Auftrieb}}.$$

Zur Erläuterung der Figur sei noch bemerkt, daß meine Senkwage mit ihrer geflochtenen Schnur S_1 über zwei Rollen läuft und, durch die Messingkugel MK im Gleichgewichte gehalten, sehr leicht zu handhaben ist.

Unter spezifischem Lufttrockengewicht verstehen wir das spezifische Gewicht von Holz, welches erst unter Dach und zuletzt im bewohnten, winters geheizten Raume verweilt hat, bis es keine Gewichtsverminderung mehr erfuhr. Holz, das im Freien unter Dach, wenn auch jahrelang, zubrachte, hat zwar im Spätjahr sein geringstes Gewicht, ist aber doch nicht vollkommen lufttrocken (siehe oben S. 15), abgesehen von den

15 % Feuchtigkeit (S. 16), welche selbst in dem durch warme Zimmerluft getrockneten Holze noch vorhanden sind.

Da wir das Holz nur im trockenen oder nahezu trockenen Zustande verwenden können, ist das spezifische Trockengewicht häufig ein Maßstab für seine Güte. Ja, es kommt vor, daß die vom Holz entwickelte Kraft im mehr als einfachen Verhältnisse zu seinem spezifischen Trockengewichte steht. Ohne Beisatz des spezifischen Trockengewichtes haben Federkraft- und Festigkeitszahlen einen beschränkten Wert.

Heiße Länder erzeugen im allgemeinen die trocken schwersten Hölzer. Selbst in Europa ist zu bemerken, daß aus Italien oder Algerien stammende Bäume von Holzarten, welche auch in Deutschland wachsen, namhaft schwerer sind als die unsrigen. Eine, jedoch nur scheinbare und bereits oben (S. 3) erklärte Ausnahme hiervon bildet die nordische Föhre. Auffallend schwer scheint auch die Mehrzahl der Hölzer regenarmer Länder, wie z. B. des Kaps. Die im Hochgebirge heimische Arve erzeugt im Tiefland ein schwereres Holz als dort. Im Hochgebirge haben übrigens Bäume häufig ein schwereres Holz als weiter unten, jedoch nicht wegen höheren, sondern wegen freieren Standes. Auf Hochpunkten, z. B. dem Brocken, wo die Fichten wegen Windes eine schiefe Stellung annehmen und daher ihre Holzringe wie Legföhren nach unten aussacken, entsteht an ihnen ein besonders schweres Holz. In südlicher Lage erwächst schwereres Holz als in nördlicher oder auf der Nordseite eines Hauses. Auch der Boden, auf welchem Bäume und Bestände erwachsen, ist von erheblichem Einflusse. Moorboden, schwammiger Sandboden erzeugen schlechtes Laub- und Nadelholz. Auch nasser Boden hindert die Föhre, ordentliches Kernholz auszubilden. Tiefgründiger, trockenhumoser Boden (Bamberg) kann dagegen bei Föhre dem nordischen ähnlich schweres Holz erzeugen. Felsiger Boden wirkt darauf nur indirekt, wie auch schlechter bei ringporigen

Laub- und den Nadelhölzern durch Schmälerung der Holzringe Einfluß nimmt. Im Freistand erwächst durchweg erheblich schwereres Holz als im Waldesschluß und -schatten. Daraus wird begreiflich, daß im Hochwalde, je höher man seinen Umtrieb setzt, um so leichteres Holz erzeugt wird, daß im Oberholze des Mittelwaldes schweres, wenn auch ästiges Holz entsteht und daß sogar der Niederwald, in dem die Stangen anfänglich nicht geschlossen stehen, schwereres Holz liefern muß als alter Hochwald. Unter Umständen, wo allgemein leichtes geringes Holz erwächst, kann übrigens ein einzelner Baum schweres Holz ansetzen und umgekehrt. Breite oder Schmalheit der Holzringe eines Baumes an sich erweisen für Gewicht und Güte nichts.

Unter den verschiedenen Teilen des Baumkörpers haben die Wurzeln das geringste spezifische Trockengewicht. Ausnahmen hiervon kommen bei denen der Nadelhölzer vor mit auffallend viel Sommerholz oder Harzfülle. In der Mitte des Stockes pflegt sich das höchste spezifische Trockengewicht zu finden und gegen den Umfang desselben abzunehmen (Ausnahmen mit Abnahme der Ringbreite bei den Nadelhölzern). Ebenso sinkt das spezifische Trockengewicht in denselben Holzschichten am Schafte hinauf. Die Aststümmel im Schafte pflegen von besonders schwerem und harten Holz eingewickelt zu sein und diese schwerere Holzmasse erstreckt sich wandartig nach oben und unten (siehe Fig. 2 S. 4). Gerät man bei Anstellung von mechanischen Versuchen in eine solche Partie schwereren Holzes, so ergeben sich öfters rätselhafte Erscheinungen. Deshalb wundert sich Bauschinger*), welcher den nachteiligen Einfluß von Aesten auf die Druckfestigkeit recht wohl kennt, daß der Einfluß von Aesten nicht immer die letztere erniedrige. Die eng-

*) Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium zu München. 16. Heft 1887, S. 4.

jährige obere Seite der Wurzel starker Aeste hat meist schwereres Holz als die breitringige Unterseite.

In der Krone herrscht Unregelmäßigkeit infolge der Einmündung vieler Aeste. In diesen selbst hat ein Teil der Laubhölzer, z. B. Eiche, nach oben breitere Ringe und höheres spezifisches Trockengewicht, ein anderer (zerstreutporige, wie Buche, Birke und Linde) bald auf der oberen, bald unteren Seite höheres Trockengewicht. Bei den Nadelhölzern findet sich dieses stets auf der unteren. Solches entsprechend den an schiefen Bäumen zu machenden Beobachtungen.

Besonders schweres, hartes und dabei zähes Holz enthalten Ueberwallungswülste, auch knoten- oder kropfähnliche Auswüchse. Ihr spezifisches Gewicht übersteigt nicht selten das aller anderen Baumesteile. Darum schwimmen z. B. geschälte geschlachte Prügel des Eichenschälwaldes zur Schälzeit im Wasser, während knotige untersinken.

Ganz junge Bäume, selbst im Schluß erwachsene, haben hohes spezifisches Trockengewicht. Mit steigendem Alter sinkt das durchschnittliche spezifische Trockengewicht der Bäume die im Schlusse stehen, und gewöhnlich auch der im Freistand erwachsenen. Bei Nadelhölzern ohne Kern, wie Fichte, und jüngeren noch kernlosen Kernnadelhölzern nimmt das spezifische Trockengewicht mit dem Alter zu. An denen mit Kern erhöht die Harzablagerung das Gewicht des Baumesinnern und der Splint pflegt an ihnen trotz schmälerer Ringe leichter zu sein.

Fäulnis des Holzes kann dessen Gewicht auf einen Bruchteil erniedrigen. Bloßer Wechsel der Farbe, d. h. etwas Weißstreifigkeit, hat darauf noch keinen namhaften Einfluß. Die Jahreszeit, in der das Holz gefällt wurde, hat nur zur Zeit des Laubausbruches im Mai und Juni eine höchstens einige Prozente betragende Einbuße zur Folge. Zwischen den anderen 10 Monaten ist ein Unterschied nicht zu machen. Ob zu- oder abnehmender Mond zur Zeit der Holzfällung be-

steht, hat durchaus keinen Einfluß auf das spezifische Trockengewicht.

Auch Flößen des Holzes, wenn es nicht von mehrmaligem Einwerfen und Ausziehen begleitet ist, läßt dasselbe unberührt.

Spezifisches Lufttrockengewicht der wichtigeren europäischen Holzarten

(bei den häufigsten Arten im Durchschnitte von Hunderten, zum mindesten aber einer größeren Anzahl von Stücken erhoben).

Ahorn, Feldahorn (Maßholder)	0,674	Esche	0,733
Ahorn, gemeiner	0,672	Fichte (Gebirg und Hügelland)	0,420
Ahorn, Silberahorn (dasyc.)	0,641	Fichte auf Hochpunkten (Harz)	0,717
Ahorn, Spitzahorn	0,740	Fichte mooriger Niederungen	0,357
Ailanthus	0,621	Fichte, fast 100jährig, dabei nur daumendick	0,688
Apfelbaum (Garten-)	0,689	Föhre, Bergföhre (wandelbar)	0,562
Apfelbaum, Wildapfel	0,772	Föhre, gemeine	0,551
Arve	0,424	Föhre, Schwarzföhre (schwäb., kernlos)	0,565
Aspe	0,513	Föhre, Schwarzföhre (Wien), mit Kern	0,744
Birke	0,687	Föhre, Seeföhre (schwäb.)	0,492
Bitternuß (schwäb.)	0,843	Föhre, Weymouthsföhre	0,447
Buche, Rotbuche	0,742	Haine, Hainbuche	0,753
Buche, Steinbuche	0,748	Hickory, weiße (schwäb.)	0,909
Buchs	1,000	Hollunder, schwarzer	0,660
Eibe (Taxus)	0,762	Kastanie, Edelkastanie (ital.)	0,491
Eiche (schwäb.)	0,757		
Eiche, Roteiche (rubra, schwäb.)	0,741		
Eiche, Zerreiche	0,854		
Elsebaum	0,772		
Erle, gemeine	0,526		
Erle, Grauerle	0,482		

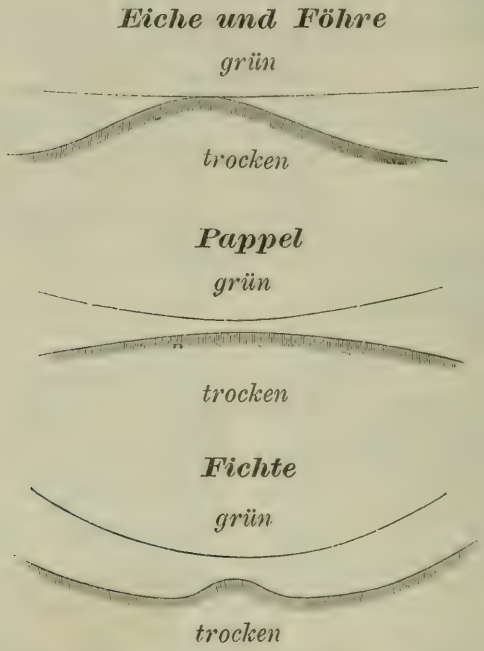
Kastanie, Edelkastanie (schwäb.)	0,611	Sperberbaum	0,879
Kastanie, gemeine Roßkastanie	0,534	Tanne, Balsamtanne (schwäb.)	0,447
Kirsche, Traubenkirsche	0,618	Tanne, junge, sehr engjährig	0,776
Kirsche, Wildkirsche	0,663	Tanne, auf schwammigem Boden	0,443
Lärche	0,620	Tanne (Schwarzwald)	0,478
Linde, großblättrige	0,494	Ulme, Bergulme (mont. *Sm.*)	0,690
Linde, kleinblättrige	0,522	Ulme, Flatterulme	0,660
Maulbeer, weißer	0,674	Ulme, Rotulme (camp. *Sm.*)	0,735
Mehlbaum	0,785	Vogelbeer	0,638
Nußbaum, gemeiner	0,532	Weide, kaspische	0,519
Nußbaum, Schwarznuß (schwäb.)	0,536	Weide, Salweide	0,563
Olive	0,915	Weide, Weißweide	0,452
Pappel, gem. kanadische	0,437	Wellingtonie	0,376
Pappel, Silberpappel	0,449	Zürgelbaum, amerikan.	0,783
Paulownie	0,370	Zürgelbaum, italien.	0,746
Platane	0,634		
Robinie	0,769		

Spezifisches Dürrgewicht müssen wir das spezifische Trockengewicht von Hölzern nennen, denen man durch künstliche Hitze auch noch die 15 % Feuchtigkeit oder einen Teil derselben ausgetrieben hat, welche vollkommen lufttrockenes Holz noch enthält (siehe S. 16).

Spezifisches Grüngewicht ist das spezifische Gewicht frisch gefällten Holzes. Seine Kenntnis hat, da alles Holz lufttrocken verwendet wird, oder wenigstens verwendet werden sollte, für den Techniker wenig Wert, mehr freilich für den Forstmann. Um sich einen Begriff davon zu machen, wie, abgesehen vom Quellen, der Saft des Baumes bei den einen Holzarten auf das spezifische Trockengewicht ausgleichend, bei den

anderen steigernd wirkt, mögen die nachstehenden Figuren dienen, welche schematische Durchschnitte des Stockes verschiedener Holzarten darstellen.

Fig. 5.



Das leichteste Holz, die Wurzel, kann bei Saftreichtum ein hohes spezifisches Grüngewicht zeigen. Ueberhaupt je schwammiger, also trockenleichter ein Holz, desto größer der Unterschied zwischen innen und außen und zwischen Grün- und Trockengewicht. Abgesehen von den mit zersetztem und daher wasserreichem Innern versehenen Hölzern kann man sich den Verlauf des spezifischen Grüngewichtes denken, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Saftmenge auf allen Höhen des Baumes von innen nach außen zunimmt und die äußerste Spitze samt den Aesten des Baumes dem jüngsten wasserhaltigen Holz angehört.

7. Härte

ist der Widerstand, welcher von einer Masse, hier dem Holze, Körpern entgegengesetzt wird, die in sie einzudringen suchen. Bei gleichmäßig beschaffenen Substanzen, z. B. Mineralien, ist es leicht, eine Stufenleiter der Härte aufzustellen. Das Holz kann aber aus verschieden harter Membran zusammengesetzt sein und enthält teils Luft, teils Saft, ist sodann nach Länge und Quere sehr verschieden gebaut. Auf der Hirnseite z. B. finden wir bei den Eichen die Markstrahlen härter, die Porenringe weicher als das sonstige Holzgewebe. Ueberhaupt, und besonders bei den Nadelhölzern, ist der Anfang der Holzringe weicher als deren Umfang, ebenso die Oberseite ihrer Aeste weicher und wolliger als die untere. Eigentlich wäre also eine durchschnittliche Härte zu ermitteln, diese würde aber wieder keinen richtigen Maßstab für die verschiedenen Richtungen (Länge oder Quere) abgeben.

Wenden wir Werkzeuge an, um die Härte zu erproben, wie Hobel, Axt, Messer, Säge, Raspel, so greifen Spaltigkeit, Federkraft, Zähigkeit störend ein. Es gibt daher nur eine relative Härte je für eines der genannten Werkzeuge.

Außerdem aber wirken Holzzustände mit. Feuchtes Hartholz, z. B. von Eiche, sägt sich leichter als trockenes; feuchtes Weichholz, wie Linde, schwerer als trockenes. Frost fördert die Säge, schwächt aber die Axt.

Unter diesen Umständen kann eine Klassifikation der Holzarten nur nach einem gewissen Gesamteindrucke stattfinden. Wir wollen folgende Klassen aufstellen:

1. Steinhart: Pockholz, Ebenholz u. dgl.

2. Beinhart: Sauerdorn, Buchs, Rainweide, Lonicera tatarica, Beinholz, Syringen.

3. Sehr hart: Mandelbaum, Kornelkirsche, Hartriegel, Weißdorn, Schwarzdorn, Pimpernuß.

4. Hart: Maßholder und andere Ahorne, Haine, Bohnenbäume, Wildkirsche, Mehlbaum, Kreuzdorn, gem. Hollunder, Sperberbaum, Eibe.

5. Ziemlich hart: Ailanthus, Zürgelbaum, Eschen, Seekreuzdorn, Stechpalme, Maulbeerbäume, Legföhre, Platane, Zwetsche, Zerreiche, Robinie, Ulmenarten.

6. Etwas hart: Silberahorn, Edelkastanie, Pfaffenhütchen, Buche, Schwarz- und gemeiner Nußbaum, Birn- und Apfelbaum, Elsebeer, Eichenarten, Traubenhollunder, Vogelbeer.

7. Weich: Fichte und Tanne, Roßkastanien, beide Erlen, Birke, Hasel, Wachholderarten, Lärche, Föhrenarten, Traubenkirsche, Pulverholz, Rhus-Arten, Mandelweide, Sale, Lebensbaum.

8. Sehr weich: Paulownia, Weymouthsföhre, Aspe und andere Pappeln, Weiß-, Lorbeer-, Knackweide, Linden, Wellingtonie.

---

8. Spaltbarkeit.

Poren und Holzfasern sind der Länge der Baumesachse nach zu Bündeln vereinigt. Von Spaltbarkeit und Spaltung kann daher nur in der Längsrichtung die Rede sein. In seltenen Fällen macht sich die Längsrichtung wenig geltend. So im Innern des Pockholzes und mancher Gummibäume, das wie ein Stein zerspringt, nicht spaltet. Auch Elsebaum bricht so gern seitlich aus, daß von regelmäßiger Spaltung bei ihm nicht zu sprechen ist.

Die Spaltbarkeit wird sehr beeinflußt durch den anatomischen Bau der verschiedenen Holzarten. Da die

Markstrahlen wie aufrechte Bänder vom Marke zur Rinde verlaufen (Fig. 1, S. 1), ist begreiflich, daß in dieser Linie die Spaltkluft gern verläuft, weniger gern dagegen in der Sehne, wobei mehrerlei Elemente, meist auch die Holzringe, schief durchschnitten werden müssen. Doch ist es schwer, auf Grund anatomischer Aehnlichkeit, Schlüsse zu ziehen, die sich nicht zugleich auf die Erfahrung stützen. Die gemeine Eiche ist eine leicht- und schönspaltige Holzart, die verwandte Korkeiche aber spaltet schwer und springt aus. Auch die Buche ist leicht- und schönspaltig, wogegen die ihr im Bau so ähnliche Platane zu den schwerstspaltigen gehört. Begreiflich ist, daß auch Glätte oder Rauheit der Spaltfläche Einfluß haben wird. Die Spiegelspaltfläche ist schön glatt bei jungem Ahorn, Aspe und Hasel, ziemlich glatt bei Eiche und Ulme, von Fasern seideartig bei Pappeln, seideartig splittrig bei Platane, dünnschuppig bei Edelkastanie, schuppig bei gemeinem Ahorn, rinnenförmig bei Linde u. s. w. Dabei geben die Porenkreise, überhaupt die Jahresringe häufig Veranlassung zu staffelförmigem Spalte. Der Jahresring- oder Sehnenspalt ist bei Lärche fein-, bei Eiche grobfaserig, bei Ahorn etwas rinnenförmig u. s. w.

Die Härte erschwert das Eindringen von Axt oder Keil. Doch ist ein gewisser Härtegrad wünschenswert, weil in sehr weiche Hölzer (Linde) die Spaltwerkzeuge sich einsenken, ohne eine Kluft zu bilden, und hierbei die Reibung außerordentlich vermehrt wird.

Die Federkraft fördert. Denn ist dieselbe namhaft, so suchen die vom eingedrungenen Werkzeuge gebildeten beiden Schenkel des Holzes sich gerade zu strecken und verlängern dadurch die Kluft.

Das spezifische (Trocken-)Gewicht hat im allgemeinen keinen direkten Zusammenhang mit der Spaltbarkeit. Wir treffen vielmehr spezifisch sehr verschiedene Holzarten in denselben Klassen. Doch werden wir für dieselbe Baumart bei

gleichem Bau annehmen dürfen, daß der Spaltungswiderstand im Verhältnisse zum spezifischen Trockengewichte stehe.

Von Einfluß ist die im Holze steckende Feuchtigkeit. Trockenes Holz spaltet viel schwerer als grünes. Da die Laubhölzer im Frühjahr am saftreichsten sind, wird die Annahme, daß die Hölzer zu dieser Jahreszeit am leichtesten spalten, für sie nicht zu beanstanden sein. Uebrigens kommen in dieser Beziehung Sonderbarkeiten vor: Birke im nassen Zustande spaltet so schwer als Haine, im trockenen leichter als diese. Da an sogenannten Splintbäumen der Saftgehalt sich beim Grünholze durch den ganzen Baum erstreckt, bei Kernholzbäumen dagegen nur im Splinte herrscht, ändert sich die Spaltbarkeit durch die Austrocknung bei Splintbäumen mehr als bei Kernbäumen.

Der Frost mindert die Federkraft und dadurch das Eindringen der Axt, sowie das Anziehen von Keilen.

Der Boden hat nur mittelbar Einfluß durch Förderung oder Verlangsamung des Wachstums, wobei im ersteren Fall astige Strauchform rasch überwunden werden, im letzteren selbst in höherem Alter noch bestehen kann. Durch Unterdrückung der Aeste ist geschlossener Stand des Baumes im Walde der Spaltbarkeit sehr förderlich.

Elliptische Stämme gelten als leichter spaltend denn kreisrunde. Immerhin, und auffallenderweise, ist an ersteren die ausgebauchte Seite die leichterspaltige, obgleich an ihr die Markstrahlen krumm zu verlaufen pflegen.

Sehr verschiedenspaltig sind die einzelnen Baumesteile. Die Wurzel ist allzu weich, um ordentlich zu spalten. Auch der Stock ist schlechtspaltig, weil er im Innern die Aststümmel des jugendlichen Bäumchens enthält, und gegen seinen Umfang gar häufig Unregelmäßigkeit des Faserverlaufes besteht. Im oberen Schafte geschlossen stehender Bäume ist die Spaltbarkeit die höchste, weil dort die wenigsten Aststpuren vorhanden sind. Aus demselben Grunde nimmt die Spaltbarkeit im allgemeinen von

der Markröhre gegen die Rinde zu. Bei kernlosem Nadelholz (Fichte) aber wird, abgesehen vom ästigen Inneren, die Spaltbarkeit wegen höheren spezifischen Trockengewichtes gegen die Rinde etwas abnehmen.

In der Krone ist die Spaltbarkeit wieder gering wegen der Asteinmündungen.

Bei regelmäßigem Bau wird Kern schwererspaltig sein als Splint.

Leicht anbrüchiges, d. h. nur weißstreifiges Holz kann so gut spalten als gesundes. Faules dagegen bricht seitlich aus wegen Verlustes seiner Faserung, oder versenkt sich darein das Werkzeug ohne Bildung einer Kluft.

Ein wesentlicher Unterschied besteht bei normal gewachsenem Holze zwischen Spiegel- und Sehnenspalt. Selbst bei den porenringigen Hölzern (Eiche, Esche 2c.) ist der Sehnenspalt um 1/3 schwerer, zuweilen nur mit der doppelten Last der Spiegelkluft herbeizuführen.

Bei wellenförmig gewachsener Holzfaser richtet sich die Spaltbarkeit nach der Richtung, in der die Wellenlinie verläuft. Liegt dieselbe in den radialen Flächen der Markstrahlen, so liegt die leichtere Spaltfläche in der der Markstrahlen. Verläuft sie dagegen in den Jahresringen, dann liegt sie in diesen.

Versuche über die Spaltbarkeit der Holzarten können entweder in der Art angestellt werden, daß an ein zu spaltendes U-förmiges Holzstück (Fig. 6) eine Wage gehängt wird, deren Belastung den Maßstab der zum Spalten der beiden Schenkel notwendigen Kraft angibt. Oder können in das aufrecht gestellte U-förmige Stück Keile eingetrieben werden, deren Belastung in ähnlicher Weise zur Bemessung der Spaltbarkeit dient. Ein Verfahren, welches nahezu gleiches Ergebnis haben wird mit Versuchen an demselben Apparate, der zur Erhebung der übrigen mechanischen Eigen-

Fig. 6.

schaften dient, und wo horizontal sich bewegende verschieden schlanke Keile in Holzproben von gleichem quadratischen Querschnitt eingetrieben werden.

Die Erkennung leichter Spaltigkeit selbst am stehenden Baum ist nicht schwer. Glatte, schön runde Stämme sind gewöhnlich leichtspaltig (Buche). An Bäumen mit aufgerissener Rinde (Eiche) dienen senkrechte Rindenrisse, häufig Frostklüfte zum Anhalte. Besonders leicht ist es, bei der Aufarbeitung die schön- und geradspaltigen Stämme herauszufinden.

Nach ihrer Spaltbarkeit klassifizieren sich die wichtigsten Holzarten ungefähr folgendermaßen:

1. Aeußerst schwerspaltig: Mandelbaum, Buchs, Kornelkirsche, Hartriegel, Bohnenbäume, Gleditschie, Platane, Wildkirsche, Vogelbeer, Eibenbaum.

2. Sehr schwerspaltig: Maßholder, Birke, Haine, weiße Hickory, Mehlbaum, Weißdorn, Stechpalme, Maulbeerbäume, Robinie, Sperberbaum, Ulme, Wellingtonie.

3. Schwerspaltig: Ahorne, Zürgelbäume, Pfaffenhütchen, Eschen, Pflaumen-, Birn-, Apfel- und Elsebeerbaum, Zerreiche, Schneeball.

4. Etwas schwerspaltig: Balsamtanne, Ailanthus, Steinbuche, schwäbische Schwarzföhre, Legföhre, Zwetschenbaum, Kreuzdorn, Rhus-Arten, Sophora.

5. Ziemlich leichtspaltig: Edelkastanie, Buche, Nußbaumarten, Lärche, Tulpenbaum, Ohrenweide, Hollunderarten.

6. Leichtspaltig: Silberahorn, Roßkastanie, Erlen, Hasel, Paulownia, gem. Föhre, Aspe, Traubenkirsche, beide Eichen, Roteiche, Pulverholz, Sale, Lorbeerweide, Linden.

7. Sehr leichtspaltig: Tanne, Fichte, Weymouthsföhre.

8. Aeußerst leichtspaltig: Silber- und gem. kanadische Pappel.

9. Schwinden und Quellen.

Mit dem Verluste seiner Feuchtigkeit zieht sich das Holz räumlich etwas zusammen, mit Aufnahme solcher dehnt es sich etwas aus. Man nennt dies „Schwinden und Quellen". Verliert ein Holzstück seine Feuchtigkeit einseitig, so zieht es sich hier zusammen und wölbt sich auf der entgegengesetzten. Ebenso wölbt es sich, wenn es einseitig befeuchtet wird. Dann aber ist die befeuchtete Seite die sich wölbende. Man nennt dies das „Sichwerfen". Es ist eine vom Schwinden und Quellen herzuleitende Eigenschaft. So auch das sogenannte „Reißen" des Holzes, welches in zwei Fällen erfolgt. Einmal nämlich, wenn das Holz einseitig austrocknet und sich dabei so zusammenzieht, daß es, verwachsen mit dem feuchten mächtigeren Holze der entgegengesetzten Seite, seinem Schwindebedürfnisse nur durch Risse genügen kann; zum anderen, wenn es sich selbst in mächtiger Schicht zusammenzieht und dabei die entgegengesetzte sich wölbende Seite zwingt, sich durch Bildung von Klüften zu helfen.

Eine frisch gefertigte Thonkugel oder Thonwalze kann sich bei hinreichend langsamer Austrocknung so stetig gegen die Mitte zusammenziehen, daß nirgends ein Riß erfolgt und die Kugel oder Walze nur einen kleineren Durchmesser zeigt. Das Holz ist aber nach drei Richtungen verschieden gebaut und schon deshalb von ihm eine gleichmäßige Zusammenziehung nicht zu erwarten. Gestreckte Elementarorgane ziehen sich in ihrer Länge wenig oder kaum zusammen. So die Poren und Holzzellen nach der Länge des Baumes. Aus demselben Grunde schwinden die Markstrahlen weniger in der Richtung vom Marke zur Rinde als in ihrer Breite (Höhe) und Dicke. Da die Hauptmasse des Holzes aus gestreckten Organen (Poren und

Holzzellen) besteht und dieselben in der Richtung der Baumesachse verlaufen, ist leicht zu begreifen, daß das Schwinden am wenigsten in der Längsrichtung, hauptsächlich aber in der Quere erfolgt. Wir müssen daher, um das Gesamt- oder Volumschwinden zu verstehen, die drei linearen Richtungen getrennt halten.

Die **Größe** des Schwindens wird sich richten nach der ursprünglichen Natur des Holzes und den Umständen, unter denen es seinen Saft aushauchen soll.

In ersterer Beziehung gilt zwar bei den einen hohes, bei den anderen niedriges spezifisches Trockengewicht als Anzeichen besonderer Schwindebedürftigkeit der Holzarten. Es ist jedoch nur richtig, daß bei gleicher Holzart die spezifisch schwereren Stücke stärker schwinden als die spezifisch leichteren, wie auch an denselben Jahresringen man den äußeren festeren Teil sich allein öfters klüften sieht (Lärche). Eine Menge scheinbarer Widersprüche lösen sich alsbald, wenn man das spezifische Trockengewicht berücksichtigt, wie beispielsweise die Abnahme des Schwindens am Schafte hinauf. Weil ganz junge Bäume, selbst im Schlusse stehend, allgemein ein höheres spezifisches Trockengewicht haben als ältere, schwindet ihr Holz stärker als das der letzteren. Kern- und Reifholz schwinden viel weniger als der saftreiche Splint, denn mit dem Hinausrücken des Saftes gegen den Umfang erstarrt das Innere, wie besonders an Kirsch- und Pflaumenbäumen zu sehen. (Ob an Kern- und Reifholzbäumen, wie Wallnuß, Ulme und Tanne, deren Inneres wasserreicher sein kann als der Umfang, dieser stärker schwindet als ersteres, scheint von mehreren Umständen, darunter auch der Jahreszeit, Vorhandensein von Waldrissen u. dgl. abzuhängen.) — Weil mit dem Alter sich im Innern trockeneres und daher weniger schwindendes Holz ausbildet, zieht sich z. B. das Innere einer alten Esche, eines alten Buchsbaums weniger zusammen als das einer jüngeren Esche, eines jüngeren Buchses. — Die

Fällungszeit hat auf das Schwinden im allgemeinen einen Einfluß deshalb nicht, weil auch das, wie wir S. 9 sahen, trockenere Sommerholz stets noch so viel Wasser enthält, daß es gequollen bleibt. Im Anfange strotzt es, einem in Wasser getauchten Badeschwamme vergleichbar, dermaßen von Saft, daß eine Volumsminderung erst eintreten kann, wenn nach Entfernung eines Teils des wässerigen Inhaltes die Dünstung anfängt sich in den Wandungen der Gewebe fühlbar zu machen. Erst nach einiger Zeit, wenn vielleicht der größere Teil ihres Saftes verdünstet ist, fängt deshalb eine an die Sonne gelegte Scheibe grünen Holzes an, Schwinderisse zu bekommen. Bauschinger*), welcher neben dem Feuchtigkeitsgehalt auch das spezifische Gewicht seiner Probestücke angibt, sagt von demselben, daß es bei abnehmendem Feuchtigkeitsgehalt anfangs rascher, dann langsamer sinke, was vorstehend Gesagtem entspricht. — In der Rinde, zumal geschlossener Rinde steckend, schwindet das Holz weniger als ohne Rinde. Junge geschlossene Rinde übt zwar einschnürenden Druck auf das grüne Holz aus, aber bald nach Beginne der Austrocknung macht sie ihren Einfluß in verschiedenem Sinne geltend, je nach dem Vorwiegen dieser oder jener Rindeschicht: Der saftreiche Bast z. B. hat zwar bei einigen Holzarten das Bedürfnis stärker zu schwinden als das Holz; allein er ist mit dem Holze so fest verwachsen, daß er nur eine geringe Rolle spielen kann. Um so namhafter ist diejenige der Leder- oder Korkschicht. Sie zieht sich in der Länge des Baumes viel mehr zusammen als das Holz, in der Breite (Halbmesser und Umfang) dagegen weit weniger. Deshalb löst sich die Rinde bei einigen korkreichen Baumarten an Querscheiben ringförmig vom schwindenden Holze. — Sägt man an einer frischen Holzscheibe von außen gegen das Mark, so klemmt sich das Holz hinter dem

*) Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium zu München. 16. Heft 1887, S. 4.

Sägeblatte zusammen und man kann letzteres nicht zurückziehen. Es begreift sich also, daß beim Schwinden die Austrocknung zunächst diese sogenannte „Gewebespannung" überwinden muß.

In letzterer Beziehung ist naheliegend, daß dasselbe Holz im heißtrockenen Süden, im lufttrockenen Nordamerika, im geheizten Zimmer stärker schwinden wird als im feuchtkühlen Norden, im dunstreichen Gebirg, im Freien unter Dach.

In der Richtung der Länge schwindet das Holz gewöhnlich kaum um 0,1 %, d. h. $^1/_{1000}$. Im Halbmesser sind, zumal bei Laubhölzern, 3 bis 5 % nicht selten. Das Schwinden in der Sehne pflegt hiervon das Doppelte, somit 6 bis 10 %, selten mehr, zu betragen.

Bei Ermittelung des so unbedeutenden Längeschwindens ist ein Noniusapparat erforderlich. Für die Querdimensionen beobachtet man die Zusammenziehung an Scheiben mit Stiften, auf deren Köpfe man mittels eines „Körners" kleine Punkte eingeschlagen hat. Platzt eine zu Ermittelung von Halbmesser- und Sehnenschwinden dienende berindete oder unberindete Querscheibe z. B. von Erle beim Austrocknen nicht, so erhält man für beides ein zwischen Halbmesser- und Sehnenschwinden mitten inne liegendes gemeinsames Schwinden.

Handelt es sich darum, den Unterschied des Schwindens im Halbmesser und im Umfange nachzuweisen, so empfiehlt sich zur Messung des Schwindens im Umfange den Bogen selbst zu Grunde zu legen. Auch eine kurze Sehne kann als Maßstab dienen. Je länger eine Sehne, desto mehr nähert sich ihr Schwinden dem des Halb- oder Durchmessers, mit dem sie ja schließlich zusammenfällt.

Zu einem Gegenstande, welcher in einer bestimmten Richtung nicht schwinden soll, wählt man nach obigem Längsholz. Kommt dabei eine zweite Dimension in Betracht, welche möglichst wenig schwinden soll, und wird nicht Rundholz verwendet, so wählt man dieses zweite Abmaß nach dem Halbmesser.

Da der Zusammenhang der Jahresringe größer ist (siehe S. 29) als der von rechts und links der Markstrahlen, bilden sich in der Regel nur Strahlenrisse im Holze.

Je kleiner die Holzstücke und je weniger die drei vorstehenden Dimensionen sich gegenseitig beeinflussen, desto größer der Schwindebetrag. Daher erhält man das höchste Schwinden durch Ausarbeitung reiner Länge-, Halbmesser- und Sehnenabmaße.

Auch die einzelnen Baumesteile verhalten sich verschieden. Besonders stark und rasch schwindet die wasserreiche Wurzel. Das Innere des Stammes, reifes Holz, Kern oder abgewelkter Splint, schwinden weniger als das saftreichere Splintholz, wobei auch in Betracht kommt, daß die Holzschichten am Schafte nach oben an Trockengewicht abnehmen, was auf Minderung des Schwindens hinwirkt. In der Krone ist eine Regel nicht zu beobachten. Astansätze und andere Unregelmäßigkeiten stören häufig die Schwindegesetze. Exzentrische Bäume schwinden minder auf der exzentrischen als der regelmäßigen Seite. Auf dem Stock abgestandenes (brausches) Laub- und Nadelholz schwindet wenig. Ebenso faules Holz. Wind und Wetter ausgesetztes Holz, z. B. Straßenschranken, bekommen mit der Zeit immer stärkere, mit ihrem Schwinden nicht im Verhältnisse stehende Risse, wohl infolge von Substanzverlust. Auch Radreife an Bauernwagen und -karren müssen von Zeit zu Zeit von neuem angezogen werden.

Alltägliche Erscheinungen des Schwindens*).

Langholz in der Rinde, namentlich wenn diese eine festverwachsene Schwarte bildet, kann sich in bescheidenem Maß

*) Wem die folgenden Seiten schwer verständlich sein sollten, ist zu empfehlen, daß er sich dazu die Figuren S. 285 u. fg. der „Technischen Eigenschaften 1860“ ansehe.

und so allmählich und gleichmäßig zusammenziehen, daß keine Schwindekluft entsteht und sich höchstens im Innern unschädliche kleine Rißchen bilden. Oder entstehen im Innersten ein paar uhrzeigerähnlich gestellte, gegen die Rinde sich auskeilende Risse, die erst beim Beschlagen recht zum Vorscheine kommen. Oder endlich platzt die Rindenschwarte und entsteht eine große, nach außen sich erbreiternde Kluft. Diese kann sich auch erst später bilden, wenn das Stück Langholz vom Wagen geworfen wird oder dergleichen. Ein sogleich nach der Fällung *geschälter* Stamm bekommt an seiner Oberfläche mehr oder weniger bedeutende Risse. Sie können wieder verschwinden oder geringer werden, wenn sich auch das Innere des Stammes zusammengezogen hat, verbleiben aber stets.

Der Stamm in der Rinde wie der geschälte bekommt an seinen Hirnflächen Strahlenrisse, welche mit der Zeit geringer werden können. Nicht selten aber vergrößert sich ein durch die Markröhre laufender solcher infolge stärkeren Längeschwindens des äußeren Holzes (Splints), verstärkt beim berindeten Stamme durch den Einfluß der der Länge nach stärker als das Holz schwindenden Rinde.

Halbholz in der Rinde bekommt weniger Schwinderisse, weil sich hier das Schwinden großenteils auf den Sägeschnitt legt. Leichtere radiale Risse können sich indessen unter der Rinde bilden, wenn hier nicht der Zusammenhang des Holzes so stark ist, daß sich eine nach der Rinde hin ausgekeilte Kluft vom Mark aus bildet. Entrindetes Halbholz klüftet sich hauptsächlich an den Endflächen in der Mitte der entstandenen beiden Halbkreise.

Grün ausgebohrte *Teichelhölzer* ziehen sich so gegen die Mitte, daß höchstens in ihrem jüngsten Teil unter der Rinde einige Strahlenrißchen entstehen.

Viertelholz kann noch besser als Halbholz sein Schwinden auf die (Kreuz-)Schnitte legen, so daß, wenn ihm die Rinde

bleibt, gar keine Risse sich bilden. Bringt man ein entrindetes in vier Teile gespaltenes Trumm in eine Dörrkammer, so sieht man bald infolge des stärkeren Längeschwindens der jüngsten Teile desselben die beiden Enden sich auseinander thun wie eine Spicknadel.

Vierkantig quadratisch beschlagenes Holz mit Markröhre in der Mitte reißt leicht mehr auf als Rundholz in der Rinde, weniger aber als geschälte Rundstämme. Liegt das Mark außerhalb seiner Mitte, so entstehen, wo ersteres dem Umfange näher liegt, einige starke sich gegen das Mark auskeilende, sonst aber schwächere Risse. Fällt die Markröhre auf eine Ecke, so bilden sich einige Risse auf der entgegengesetzten Seite. Liegt sie außerhalb des Balkens in der Mitte einer Seite, so entstehen je nach überwiegendem Zusammenhange der Herzseite oder der Splintseite einige Risse im Splint oder vom Mark aus.

Dielen durch die Mitte eines Stammes reißen an den Enden gern durch die Mitte, weil an ihnen der Splint oder Splint und Rinde stärkeres Schwinden in die Länge haben als das Innere des Baumes.

Rechteckig beschlagenes Holz schwindet ungefähr wie quadratisches, aber das stärkere Längsschwinden des Splints oder des Splints und der Rinde hat auch hier oft eine Querklüftung an den Enden zur Folge.

Aehnlich erfolgt das Schwinden von Brettern. Enthält ein solches in seiner Mitte die Markröhre, so schwindet es gleichmäßig und braucht später nur noch ebengehobelt zu werden. Liegt dieselbe dagegen auf einer der Flachseiten, so krümmt sich die Diele beiderseits etwas nach der entgegengesetzten Seite und auch die folgenden Bretter krümmen sich um so mehr, je weiter sie von der Markröhre entfernt sind.

Querscheiben von zähem Holze können sich wegen stärkeren Schwindens am jüngsten Holz in der Mitte auftürmen.

Als Mittel gegen Schwinden, Sichwerfen und Reißen

ist das schraubenförmige Berappeln zu empfehlen, wie es bei Birkenstangen allgemein üblich ist. Rösten des Holzes im Tau, Flößen und andere ähnliche Behandlungen desselben wirken nicht oder vielleicht erst nach mehrfacher Wiederholung, wobei zu fürchten, daß das Holz ersticke und an Wert verliere. Dagegen gilt, obgleich es meine Versuche mit mehreren Holzarten nicht erkennen lassen, allgemein als wirksames Mittel das Dämpfen bei gesteigerter Temperatur. Bei dünneren Objekten empfiehlt sich angemessene Zerkleinerung sogleich nach der Fällung, damit das Holz nach Halbmesser und Sehne ungestört schwinden könne. Stäbe oder Stiele von Hickory und anderen stark schwindenden Hölzern thut man gut bis zur Trockenheit belastet oder eingespannt zu halten, damit sie sich nicht krümmen. Tafelförmigen Füllungen läßt man eine gewisse Beweglichkeit, und Gegenstände, welche sich durchaus nicht verändern sollen, werden aus vielen Teilen zusammengesetzt (Billardstöcke). Von großer Wichtigkeit endlich ist die richtige Auswahl der Holzart, des richtigen Baumindividuums mit wenig schwindendem Holz (Glaserholz) und Beachtung von Sehne und Halbmesser.

Fig. 7.

Von dem vorstehend abgehandelten linearen Schwinden nach unseren drei Hauptrichtungen unterscheiden wir das Volumschwinden. Daß bei diesem das Schwinden in der Länge vernachlässigt werden kann, geht aus dem S. 34 Gesagten hervor. Bei aufgebeugtem Holz ist es am einfachsten, ein Mittel aus Halbmesser- und Sehnenschwinden zu suchen und beispielsweise von jungem Buchenholze (Fig. 7 links) zu sagen:

Mittel aus Halbmesser- und Sehnenschwinden von 1 auf 0,942, also Volumschwinden eines Grünraummeters jungen Buchenholzes von $1{,}000^2$ auf $0{,}942^2$, d. h. 11,3 %.

Ebenso können wir das Volumschwinden aus dem spezifischen Grün- und spezifischen Trockengewicht ableiten, sobald wir den Saftgehalt mit seinem wirklichen Betrag (siehe S. 8) in Rechnung nehmen. Ein Kubikzentimeter Holz ziehe sich infolge des Schwindens zusammen auf Raum m (Fig. 7 rechts) so ist

$$^{s}G - {}^{w}S = m \times {}^{s}T$$

und der Schwindebetrag oder

$$1 - m = 1 - \frac{^{s}G - {}^{w}S}{^{s}T} = \frac{^{s}T + {}^{w}S - {}^{s}G}{^{s}T}$$

wobei ^{s}G = spezifisches Grüngewicht, ^{w}S = wirklicher Saftgehalt und ^{s}T = spezifisches Trockengewicht.

Eine Klassifikation der Holzarten nach ihrem Schwinden hat Schwierigkeiten wegen des Einflusses von Alter, Kern oder Splint und verschiedenem spezifischen Trockengewicht innerhalb derselben Baumart. Man wird später vielleicht das spezifische Trockengewicht dem Schwindebetrag als Charakteristik beifügen, wie bei Federkraft und Festigkeit. Werfen wir Halbmesser und Sehne in einem Durchschnitte zusammen und ordnen die gewöhnlichsten Hölzer in Klassen, so ergibt sich folgende Uebersicht über das Schwinden, bei welcher 100 sich zusammenziehen

in Klasse 1: auf niedrigstens 97,0: Arve von Hohenheim 97,6. Wellingtonie 97,6. Weymouthsföhre 97,5. Virginischer Wachholder 97,5. Fichte 97,4. Bergföhre 97,4. Kreuzdorn 97,3. Pulverholz 97,3. Gemeiner Lebensbaum 97,0. Schwäbische Schwarzföhre 97,0.

in Klasse 2: auf niedrigstens 96,0: Eibe 96,8. Lärche 96,6. Lorbeerweide 96,5. Eschenblättr. Ahorn 96,4. Gleditschie 96,3. Pfaffenhütchen 96,3. Gemeine Föhre 96,2. Zwetsche 96,2.

Uferweide 96,1. Tanne, erwachsene Roteiche, Traubeneiche, Wiener Schwarzföhre, Ailanthus 96,0.

in Klasse 3: auf niedrigstens 95,0: Bergulme mit wasserreichem Kern 95,9. Sophora und erwachsene Robinie 95,8. Gemeiner Nußbaum, Silberpappel 95,6. Gemeine Esche, Birnbaum 95,5. Gemeine Erle 95,4. Gemeiner Ahorn, weißer Maulbeer 95,3. Vogelbeer 95,2. Schwarzer Hollunder, amerikanischer Zürgelbaum, Buche, Aspe, Schwarznuß, Maßholder, Platane, gemeine kanadische Pappel 95,1. Stieleiche, Kornelkirsche, Sale 95,0.

in Klasse 4: auf niedrigstens 94,0: Grauerle, Edelkastanie, Buchs 94,9. Roßkastanie, Silberahorn 94,8. Spitzahorn 94,6. Hasel 94,5. Holzapfel, großblätterige Linde, Sperberbaum, Traubenkirsche 94,4. Junge Robinie 94,3. Flatterulme, Zerreiche, Prunus mahaleb 94,2. Traubenhollunder 94,1. Waldkirsche 94,0.

in Klasse 5: auf niedrigstens 93,0: Apfelbaum, Elsebeer und ganz junge Paulownie 93,9. Weißdorn, junge Kornelkirsche, Birke 93,5. Kleinblätterige Linde, Haine 93,0.

in Klasse 6: auf niedrigstens 92,0: Mehlbaum 92,4. Bitternuß 92,2.

in Klasse 7: auf niedrigstens 90,0: junge Roteiche 90,3. Weiße Hickory 90,0.

Anschwellen des Holzes in Dunst und Wasser. Wie das Holz unter Dach beim Verluste des Saftes sich zusammenzieht und schließlich im geheizten Zimmer durch Ausdünstung der letzten Feuchtigkeit sein kleinstes Volumen annimmt, so quillt es wieder bei Aufnahme von Dunst und Wasser. Dunst ist bedenklich für alle Gegenstände, welche sich nicht verändern sollen, wie Maßstäbe, Blindholz u. dgl. Dünne Längshölzer und Querhölzchen von nicht mehr als 10 mm Faserlänge nehmen nun leicht in feuchtem Raume 5, 10, ja 15 % ihres Gewichtes Feuchtigkeit auf, d. h. Bruchteile bis höchstens die Hälfte der ursprünglichen Saftmenge. Dennoch kann die Zunahme nach Länge, Halbmesser und Sehne die Hälfte bis

nahezu so viel betragen als die ursprüngliche Schwindegröße. Auch hier kommt natürlich in hohem Maße der große Unterschied von Kern, Reifholz und Splint in Betracht.

Beim Quellen in Wasser nimmt das Holz wieder seine ursprünglichen, d. h. seine Grünholzdimensionen an. Am meisten wird dies beim Splinte zutreffen. Reifes Holz und Kern dagegen, welche am lebenden Baume gewöhnlich saftarm sind, können, lange Zeit in Wasser liegend, mehr quellen als sie ursprünglich geschwunden waren. Nach dem Wiederaustrocknen nimmt das in Wasser gelegene Holz wieder die gleichen Abmaße an, welche es vorher gezeigt hatte.

Man sagt, daß das Quellen des Holzes infolge von Benetzung dazu dienen könne, Felsen auseinander zu treiben. Gesehen habe ich solches noch nie.

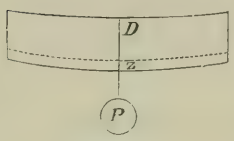
---

10. Federkraft oder Elastizität

ist die Eigenschaft eines Körpers, auf den eine äußere formändernde Kraft einwirkt, nach Aufhören der letzteren wieder vollständig zu der ursprünglichen Form zurückzukehren. Je größer z. B. die Last sein darf, welche ein Speicherbalken zu tragen vermag, ohne eine bleibende Verbiegung zu erfahren, desto federkräftiger ist derselbe. Die Grenze, bis zu welcher die Formänderung getrieben werden kann, ohne einen bleibenden Eindruck zu hinterlassen, nennt man die Federkraft- oder Elastizitätsgrenze. Innerhalb derselben besteht Proportionalität zwischen aufgelegter Last und Formänderung. Hat sich z. B. ein Stab unter 1 k Belastung um 1 mm gebogen, so wird er bei 2 k eine Biegung von 2 mm zeigen.

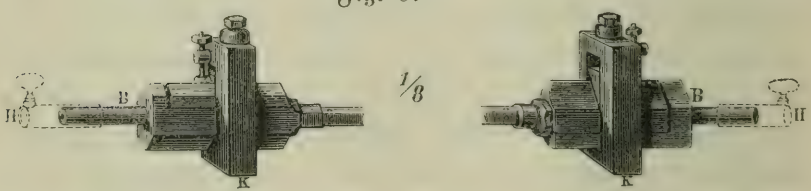
Die Federkraft macht sich in verschiedenen Richtungen geltend. Einmal bei Streckung (Zug) der Holzfaser, wie z. B. an einem Hängwerke. Zum anderen durch Stauung oder Druck, wie an einer tragenden Säule. Drittens durch Beugung eines Stabes oder Balkens (Fig. 8), wobei ein kleinerer Teil der Fasern (z) in Streckung oder Zug, ein größerer (D) in Druck oder Stauung begriffen ist. Zwischen beiden, in der punktierten Linie auf der Grenze der im Zug begriffenen und der gestauten Fasern liegt die sogenannte neutrale Faser. Daß dieselbe nicht in der geometrischen Mitte liegen kann, ergibt sich schon daraus, daß die Stauungsfederkraft schwächer ist als die Zugfederkraft, ebenso wie auch die Stauungsfestigkeit erheblich unter der Zugfestigkeit steht. Die häufigste Anwendung der Federkraft erfolgt in der Beugung. Diese kann aber nicht verstanden werden ohne Kenntnis der Zug- und Druckfederkraft. Deshalb bilden diese beiden die Grundlage der Beugungsfederkraft.

Fig. 8.



1. Die Zugfederkraft wird an quadratischen Stäben untersucht, welche an beiden Enden mittels eingreifender Zähne

Fig. 9.



festgehalten werden und deren Streckung man wegen deren Kleinheit mittels einer Noniusvorrichtung erhebt (Fig. 9). Bei ihrer Berechnung fragt man sich, allerdings in der Voraussetzung, daß es überhaupt möglich wäre und die Streckungen bis zum Ende pro-

portional blieben wie innerhalb der Elastizitätsgrenze, welche Kraft dazu gehören würde, um einen Stab vom Querschnitt 1 qmm um seine ganze Länge zu strecken. Die bekannte Formel für diesen sogenannten Elastizitätsmodul ist

$$E = \frac{L \times P}{l \times a},$$

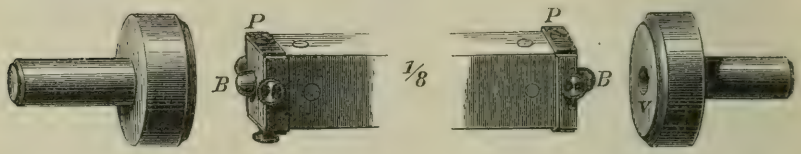
worin L die Länge des beobachteten Stabes, P die Last, bei welcher die Berechnung zweckmäßig erscheint, l die Länge, um welche sich L unter Last P gestreckt hat, und a der Querschnitt des Stabes in Quadratmillimetern bedeutet.

Die Grenze der Zugfederkraft liegt tief unten in der Reihe der Belastungen, welche schließlich zum Bruche führen. Von ihr aufwärts können die bleibenden Streckungen rasch zunehmen, so daß die graphische Darstellung eine säbelförmige Kurve mit sich bringt. Oder sie liegt ziemlich hoch wie bei den Hauptnadelhölzern. Dann entsteht bei der Zeichnung eine ziemlich hochsteigende gerade oder nahezu gerade Linie. Bei Hereinziehung von Gliedern außerhalb der Elastizitätsgrenze berechnet sich im ersteren Falle die Federkraft um viel, im letzteren um wenig niedriger als diejenige innerhalb der Federkraftgrenze.

2. Die Druckfederkraft gehört zu den schwierig zu beobachtenden Eigenschaften, weil sie nur an kurzen, eine Biegung ausschließenden Säulen ermittelt werden kann und es selbst für einen gewandten Tischler sehr schwer ist, eine tadellose kurze Säule herzustellen. Ist diese nicht vollkommen rechtwinkelig, so wirkt der Druck nur auf den hervorstehenden Teil. Darum ist es wünschenswert, den Druck nicht auf die ganzen beiden Stirnflächen, sondern auf deren Mitten wirken zu lassen (Fig. 10 S. 44), indem man sie mit Stahlplatten (P) versieht, in deren Mitte sich ein stählerner Bolzen (B) befindet, der, auf eine entsprechende Vertiefung der Druckfläche des Apparates

passend, beiderseits den zentralen Druck vermittelt. Selbstredend hat man sodann bei einem Querschnitte der 20 cm langen und 2 cm im Gevierte haltenden kurzen Säulen große Kräfte nötig.

Fig. 10.



Denn steht auch die Druckfederkraft unter der Zugfederkraft, so müssen wir doch wegen der namhaften Dicke der Probesäulen (400 qmm) mehrere tausend Kilogramm anwenden.

Um die Ergebnisse der Druckfederkraft mit denen der Zugfederkraft vergleichbar zu machen, welche von einer Streckung von 1 auf 2 ausgehen, legte ich der Rechnung eine Stauung von 2 auf 1 zu Grund, d. h. gebrauchte die Formel

$$E = \frac{L \times P}{2 \times l \times a}.$$

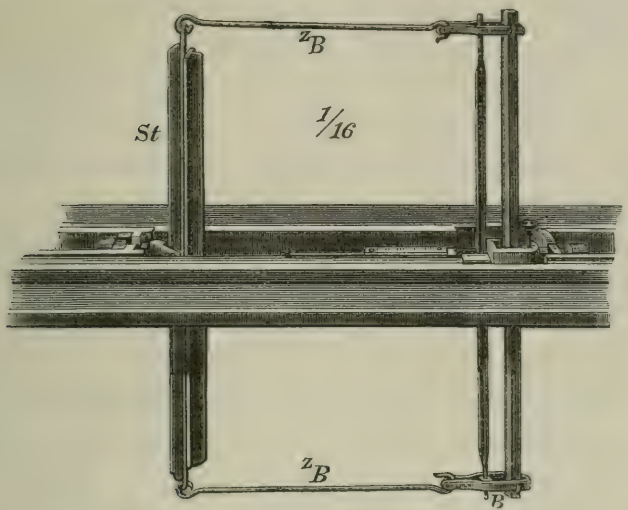
Um jedoch auch für solche verständlich zu bleiben, welche, davon ausgehend daß die Zugfederkraft der Druckfederkraft gleich sei, die Druckfederkraft nach der obigen Zugfederkraftformel berechnen, findet man im folgenden meine Rechnungsergebnisse nicht ganz ausgeführt, sondern noch mit dem im Nenner der Formel vorhandenen 2 versehen.

3. Die Beugungsfederkraft, freilich auch davon ausgehend, daß Zug- und Druckfederkraft räumlich gleich seien, somit die neutrale Faser in der Mitte der Höhe des Stabes liege, bedient sich, bei senkrecht auf den Stab wirkender Last, der Formel

$$E = \frac{L^3 P}{4f \times B \times H^3},$$

worin L die in Anspruch genommene Länge, B die Breite, H die Höhe (Dicke), P die zur Berechnung geeignete Last und f die derselben entsprechende Verbiegung bedeutet. Bei meinen Versuchen (Fig. 11) war L = 75 cm, B = 40 mm und H = 20 mm.

Fig. 11.



Das Maximum der Kraft fiel bei den Versuchen über Zug, Druck und Beugung gewöhnlich auf die erste Belastung. Wo nicht, wurde angenommen, bei der ersten Belastung seien noch nicht sämtliche Faserbündel in Thätigkeit, und wurde die Rechnung mit der nächsten oder zweitnächsten Last ausgeführt. Die zur Erhebung der Beugungsfestigkeit dienenden Breitstäbe wurden so gearbeitet, daß die Jahresringe bei der Probe aufrecht zu stehen kamen.

Daß der anatomische Bau der verschiedenen Holzarten auch auf die Federkraft namhaft wirkt, läßt sich erwarten. Nur ihm können wir es zuschreiben, daß die Nadelhölzer mit ausgeprägten Sommerholzschichten so hoch stehen. (Böhmische Fichte,

Tanne, Lärche im Gegensatze zu Arve.) Hiebei ist merkwürdig, daß das auf der Unterseite von schiefen Nadelbäumen oder als Folge von Lichtstand auftretende breitringige Rotholz bei den Versuchen das eine Mal stärkte, das andere Mal schwächte. Mäßiger Harzgehalt wie im Kerne der Lärche, manchmal auch bei gemeiner Föhre und Weymouthsföhre, steigert, während Ueberfluß von Harz, z. B. an der Schwarzföhre, herabdrückt. Dem Mangel an Harmonie in der Verbindung der Fasern unter sich werden wir zuschreiben müssen, wenn das zähe Hickoryholz von anderen Hölzern in der Federkraft übertroffen wird. Höher noch steht freilich die ihm an Zähigkeit nahekommende Rotulme. Wellenförmige Faser, wie so häufig bei Ahornarten und regelmäßig bei Birn- und Sperberbaum, drückt namhaft herab. Die drei Richtungen im Stamme verhalten sich sehr verschieden. Ein Stab in der Richtung des Halbmessers herausgearbeitet, leistet nur einen Bruchteil der Längsfederkraft, und ein Sehnenstab noch weniger als ein Halbmesserstab, wie begreiflich, da im Halbmesser die gestreckten Markstrahlenzellen verlaufen.

Bei gleichem Bau der Elementarorgane eines Baumes sehen wir die Federkraft mit dem spezifischen Trockengewichte steigen oder fallen. Dies öfters in der Art, daß das graphische Bild der Federkraft eine Karrikatur der Kurve des spezifischen Trockengewichts darstellt. So beispielsweise bei gemeiner Esche und bei Zerreiche. Wegen der von Wurzel und Stock aus nach dem oberen Schafte zunehmenden Regelmäßigkeit in der Ringablagerung, aber fallenden spezifischen Trockengewichtes werden wir die höchste Federkraft immerhin noch in den unteren Trümmern des Baumes finden.

Mit dem Alter des verbauten Holzes nimmt die Federkraft allmählich ab. Dies geht schon aus der Sprödigkeit des Inneren alter Bäume hervor. Wie es scheint, verliert dabei Holz von geringer Beschaffenheit weit mehr als solches von guter.

Federkraft der einzelnen Holzarten*).

(Beim Durchschnitte von Zug, Druck und Beugung wurde der Druck mit doppelter Größe verwendet.)

Reihenfolge nach den lateinischen Namen.

	Mittleres spez. Trockengew.	Zug	Druck	Beugung	Durchschnitt	Quot. des Mittels	1 k Federkraft × 1000
		k	k	k	k	k	
Fichte, Abies exc., böhmische	0,420	1404	$\frac{1789}{2}$	?	—	—	—
Fichte von Hohenheim	0,420	1181	$\frac{1171}{2}$	1183	1178	2805	0,36
Tanne, Ab. pect., nasser Boden	0,438	1103	—	1190	—	—	—
Tanne, normaler Boden . . .	0,478	1443	$\frac{1440}{2}$	1362	1415	2961	0,34
Maßholder, Acer camp. . . .	0,674	1458	$\frac{1692}{2}$	1805	1652	2451	0,41
Silberahorn, Acer dasyc. . .	0,641	1322	$\frac{1407}{2}$	1575	1435	2238	0,45
Spitzahorn, Acer platan. . .	0,789	1381	$\frac{1347}{2}$	1636	1455	1844	0,54
Gem. Ahorn, Acer pseudopl.	0,672	1192	$\frac{1369}{2}$	1313	1291	1921	0,52
Roßkastanie, Aesculus hipp.	0,534	905	$\frac{842}{2}$	872	873	1635	0,61
Götterbaum, Ailanthus . . .	0,621	942	$\frac{904}{2}$	991	946	1523	0,66
Gem. Erle, Alnus glut. . . .	0,526	1124	—	1360	1242	2361	0,42
Grauerle, Alnus inc.	0,482	1049	$\frac{1270}{2}$	1325	1215	2521	0,40
Birke, Betula alba	0,687	1661	$\frac{1900}{2}$	1663	1741	2533	0,39

*) Die fünf ersten Zahlenspalten erklären sich von selbst. Die sechste ist der Durchschnitt für ein spezifisches Trockengewicht 1,000 oder Durchschnitt dividiert durch mittleres spezifisches Trockengewicht. Die siebente endlich entsteht durch Division des Durchschnitts in das mittlere spezifische Trockengewicht. Vergl. S. 71 (Festigkeit).

	Mittleres spez. Trockengew.	Zug	Druck	Beugung	Durchschnitt	Quot. des Mittels	1 k Federkraft × 1000
		k	k	k	k	k	
Haine, Carpinus betulus . .	0,753	1607	$\frac{1582}{2}$	1502	1564	2077	0,48
Edelkastanie, Castanea vesca.	0,611	1367	—	1452	1409	2306	0,43
Zürgelbaum, Celtis aust. . .	0,746	590	$\frac{631}{2}$	815	679	917	1,09
Zürgelbaum, Celtis occid. .	0,783	890	$\frac{1040}{2}$	1201	1044	1333	0,75
Kornelkirsche, Cornus masc.	0,972	—	—	1559	—	—	—
Buche, Fagus silv.	0,742	1667	$\frac{1737}{2}$	1609	1671	2252	0,44
Buche, F. var. (Steinbuche) .	0,748	1223	$\frac{1759}{2}$	1552	1511	2020	0,49
Esche, Frax. excelsior . . .	0,733	1190	$\frac{1176}{2}$	1382	1247	1701	0,59
Gleditschie, G. triacanthos .	0,782	957	$\frac{957}{2}$	891	935	1196	0,84
Weiße Hickory, Jugl. alba .	0,909	1248	$\frac{1348}{2}$	1636	1411	1552	0,64
Bittere Hickory, Jugl. amara.	0,843	1148	$\frac{676}{2}$	1109	978	1160	0,86
Graunuß, Jugl. cinerea. . .	0,557	1027	$\frac{1368}{2}$	1252	1216	2183	0,46
Gem. Nußbaum, Jugl. regia	0,603	568	$\frac{1044}{2}$	833	815	1352	0,74
Falsches Zedernholz, Jun. virg.	0,534	455	$\frac{384}{2}$	431	423	792	1,26
Lärche, Larix eur. I	0,620	2273	$\frac{2446}{2}$	2145	2288	3690	0,27
Lärche, Larix eur. II	0,620	2052	$\frac{1779}{2}$	1507	1779	2870	0,35
Lärche, Larix eur. III	0,620	1586	—	1733	1659	2676	0,37
Lärche, Larix eur. IV	0,620	1313	—	1327	1320	2129	0,47
Lärche vom Hochgebirge . . .	0,620	1434	$\frac{1322}{2}$	1520	1425	2298	0,43

	Mittleres spez. Trockengew.	Zug	Druck	Beugung	Durchschnitt	Quot. des Mittels	1 k Federkraft × 1000
		k	k	k	k	k	
Arve, Pin. cembra	0,424	762	$\frac{802}{2}$	874	779	1837	0,54
Schwarzföhre, Pin. lar. (Wien)	0,730	1459	$\frac{1927}{2}$	1790	1725	2363	0,42
Schwarzföhre, schwäb. ohne Kern	0,565	1538	$\frac{1425}{2}$	1285	1416	2507	0,40
Legföhre, Pin. montana . . .	0,562	589	$\frac{670}{2}$	—	629	1119	0,89
Seeföhre, Pin. pinaster . . .	0,492	1239	$\frac{1038}{2}$	1042	1106	2248	0,44
Gem. Föhre, Pin. silvestris .	0,551	1471	$\frac{1588}{2}$	1465	1508	2737	0,36
Weymouthsföhre, Pin. strobus	0,447	1102	$\frac{1214}{2}$	1163	1160	2595	0,38
Apfelbaum, Pirus malus . .	0,718	1033	$\frac{961}{2}$	1306	1100	1532	0,65
Elsebaum, Pirus tormin. . .	0,772	1441	$\frac{1682}{2}$	1726	1616	2098	0,48
Platane, Plat. vulg.	0,634	—	$\frac{1250}{2}$	1051	1150	1814	0,55
Silberpappel, Popul. alba . .	0,449	1290	$\frac{1282}{2}$	1362	1311	2920	0,34
Gem. kan. Pappel, Pop. monil.	0,437	862	$\frac{1190}{2}$	1038	1030	2357	0,42
Aspe, Popul. tremula	0,513	1363	$\frac{1463}{2}$	1436	1421	2770	0,36
Wildkirsche, Prunus avium .	0,663	1379	$\frac{1583}{2}$	1710	1557	2349	0,43
Traubenkirsche, Prunus padus	0,618	1088	$\frac{1127}{2}$	1450	1222	1977	0,51
Zerreiche, Quercus cerris . .	0,854	1771	$\frac{1673}{2}$	1548	1664	1948	0,51

	Mittleres spez. Trockengew.	Zug	Druck	Beugung	Durchschnitt	Quot. des Mittels	1 k Federkraft × 1000
		k	k	k	k	k	
Immergr. Eiche, Querc. ilex	0,980	1816	$\frac{1792}{2}$	1783	1797	1834	0,54
Stieleiche, Querc. peduncul.	0,757	1190	$\frac{1366}{2}$	1318	1291	1705	0,59
Traubeneiche, Qu. sessilifl. .	0,757	—	—	1504	—	—	—
Amer. Roteiche, Qu. rubra .	0,741	1358	$\frac{1347}{2}$	1426	1377	1858	0,54
Robinie, Rob. pseudoac. . .	0,769	1205	$\frac{1661}{2}$	1537	1468	1909	0,52
Weißweide, Salix alba . . .	0,452	—	—	509	—	—	—
Sale, Salix caprea	0,563	—	$\frac{1200}{2}$	—	—	—	—
Kasp. Weide, Sal. pruin. . .	0,519	931	—	888	909	1751	0,57
Sophore, Soph. japonica. .	0,721	844	$\frac{1067}{2}$	1014	975	1352	0,74
Vogelbeer, Sorb. aucuparia	0,638	—	$\frac{1518}{2}$	1323	—	—	—
Sperberbaum, Sorb. domest.	0,879	1338	$\frac{1560}{2}$	1382	1457	1623	0,62
Eibe, Taxus baccata	0,762	1476	$\frac{1565}{2}$	1617	1553	2038	0,49
Großbl. Linde, Til. grand. .	0,494	1234	$\frac{1255}{2}$	1230	1240	2510	0,40
Kleinbl. Linde, Til. parvif. .	0,522	1184	—	1339	1261	2415	0,41
Rotulme, Ulm. camp. *Sm.* .	0,735	1632	$\frac{1660}{2}$	1629	1640	2231	0,45
Bergulme, Ulm. montan. *Sm.*	0,690	1176	$\frac{1383}{2}$	1318	1292	1873	0,53
Flatterulme, Ulm. effusa . ..	0,663	847	$\frac{1386}{2}$	—	1116	1683	0,59
Wellingtonie	0,376	187	$\frac{159}{2}$	225	190	505	1,98

Wir ersehen aus den vorstehenden Zahlen, daß eine Klassifikation der Holzarten nach ihrer Federkraft große Schwierigkeiten nicht hat, insofern Zug, doppelter Druck und Beugung unter sich sehr übereinstimmen. Legen wir das Mittel aus allen dreien zu Grunde, so ergibt sich folgende Uebersicht:

über 2000 k nur beste Lärche;
„ 1700 k immergrüne Eiche, Birke, Wiener Schwarzföhre,
„ 1600 k Buche, Zerreiche, Maßholder, böhmische Fichte, Rotulme, Elsebaum;
„ 1500 k Haine, Wildkirsche, Eibe, Steinbuche, gemeine Föhre;
„ 1400 k Robinie, Silberahorn, Sperberbaum, Aspe, Tanne, weiße Hickory, Edelkastanie;
„ 1300 k Roteiche, Spitzahorn, Silberpappel;
„ 1200 k Bergulme, gemeiner Ahorn, Stieleiche, beide Linden, Esche, beide Erlen;
„ 1100 k Hohenheimer Fichte, Weymouthsföhre, Platane, Apfelbaum, Flatterulme;
„ 1000 k Traubenkirsche, Celtis occidentalis, gemeine kanadische Pappel;
unter 1000 k Bitternuß, Roßkastanie, Arve, Celtis australis, falsche Zeder und zuletzt Wellingtonie.

Natürlich wäre es sehr erwünscht, wenn es gelänge, die Federkraft der Hölzer in irgend eine Verbindung mit der Festigkeit zu bringen. In der That wird man beim graphischen Auftragen des Mittels aus Zug-, Druck- und Beugungselastizität öfters gewahr, daß es sich in der Höhe oder nahe der Höhe der Zugfestigkeit hält, wie bei Birke und Buche. Ist es doch annehmbar, daß die Hölzer, welche eine hohe Zugfestigkeit haben, sich auch in der Federkraft hervorthun. Indessen ist die Zahl der Ausnahmen weit größer als die des Zutreffens. Maßholder, Lärche und gemeine Föhre stehen mit ihrem Federkraftsmittel weit über ihrer Zugfestigkeit, weiße

Hickory, Robinie, kaspische Weide und Ulmenarten weit darunter. Kurz, ohne Proben über die Federkraft ist es schwer, eine Mutmaßung auszusprechen.

---

11. Biegsamkeit

heißen wir die Fähigkeit des Holzes, ohne Rücksicht auf die Rückkehr zur früheren Form sich, ehe der Bruch erfolgt, mehr oder weniger stark strecken, stauen, beugen zu lassen. Für den wellenbindenden Holzhauer, den Flechtarbeiter, den Bleistiftfabrikanten bei der Auswahl seines Holzes ist die Eigenschaft von großer Wichtigkeit; wogegen eine biegsame Gerte als Reitgerte, ein biegsamer Balken zum Ueberlagern einer Gipsdecke ungeeignet ist. Es fällt in die Augen, daß die Biegsamkeit im umgekehrten Verhältnisse zur Federkraft und Festigkeit steht. Denn je steifer ein Stab sich gegen Verbiegung hält, je größere Lasten er trägt, ohne seine Form zu ändern, desto weniger kann er als biegsam gelten.

Ich ermittelte die Streckungsbiegsamkeit bei Gelegenheit der Zugfestigkeit, indem meine zu zerreißenden Probestücke statt der S. 59 angegebenen Form A die ungefähre Form B hatten, welche gestattete, mittels zweier in der Entfernung von 12,5 cm eingesetzten Spitzen, welche, mit einem Hebelwerk in Verbindung stehend, auf einer bogenförmigen Skala die 40fache, also auf die Einheit berechnet die 500fache Streckung abzulesen.

Die Stauungsbiegsamkeit ergab sich in ähnlicher Weise durch zwei Spitzen, eingesetzt in der Entfernung von 9 cm auf meine 10 cm langen, auf ihre Stauungsfestigkeit zu untersuchenden quadratischen Säulchen und in Verbindung stehend mit einem Zeiger, der auf einer bogenförmigen Skala die 40fache, d. h.

auf die Einheit gerechnet die 360fache Stauung abzulesen erlaubte.

Da zwischen Last und Verbiegung (Streckung, Stauung, Biegung) eine Proportionalität nicht besteht, läßt sich die Biegsamkeit nur darstellen bei der Streckung, entweder durch Angabe der prozentischen Gesamtverlängerung im Augenblicke des Bruchs oder durch Berechnung dieser Angabe auf das einzelne Kilo Belastung. Ich wählte erstere Form, es dem, welcher die zweite vorzieht, überlassend, sich selbst deren Zahlen abzuleiten aus unseren Gesamtangaben dividirt durch die später folgenden Zugfestigkeitszahlen.

Bei der Stauung gilt dasselbe, indem die zweite Art der Darstellung der Ergebnisse mit Leichtigkeit sich ergibt durch Division der Druckfestigkeitszahlen in die angegebene Gesamtstauung.

Auch die Beugung läßt zweierlei Betrachtungen zu. Entweder gehen wir von einer gewissen Verbiegung aus und untersuchen, wie viel Kilo nötig sind, um dieselbe bei verschiedenen Holzarten herbeizuführen; in welchem Falle die biegsamsten Holzarten die kleinsten Zahlen aufweisen werden. Oder aber ermitteln wir den auf 1 k entfallenden Verbiegungsbetrag eines Holzstabs unter Zugrundelegung der Formel

$$\frac{F}{P} \times \frac{1000^3 \times H^3 \times B}{L^3},$$

worin P die Belastung zur Zeit des Bruches, F der Verbiegungspfeil, und die sich selbst erklärenden L, H und B in Millimetern ausgedrückt sind. Wir wollen die letztere Formel befolgen, weil sie unseren Erhebungen bei Streckung und Stauung entspricht. Da übrigens die Beugungsfähigkeit des Holzes offenbar von der Leichtigkeit abhängt, womit es sich streckt und staut, könnte die Beugungsbiegsamkeit einfach aus Streckung und Stauung abgeleitet werden, kennte man nur das, wie wir

sehen werden, bei den einzelnen Holzarten verschiedene Verhältnis gezogener und gestauter Fasern.

Die Biegsamkeit steht, wie alle anderen Eigenschaften, in einem gewissen Zusammenhange mit dem anatomischen Bau. Von noch größerem Einflusse sind aber einige Umstände, wie z. B. das Alter. Als ein sprödes Material gilt das ältere Holz von Ahorn. Aus jungen daumendicken Schossen desselben macht man hingegen sehr schöne lange dünne Flechtbänder. Auch die jüngsten dünnen Teile von Lärchenzweigen sind recht zäh, während die älteren am Grunde sehr leicht abknacken. Das Innere alter Eichen bricht ab wie eine Rübe. 30jährige Zerreichen erwiesen sich sehr biegsam, im Gegensatze zu mehr als 60jährigen.

Eine Beziehung zum spezifischen Trockengewichte läßt sich schwer feststellen, und doch sollte eine solche bestehen. Bei der weißen Hickory nimmt die Biegsamkeit am Schafte hinauf ab, wie das spezifische Trockengewicht, was überraschen muß, weil die Zweige des Baumes von außerordentlicher Biegsamkeit sind. Je lockerer ein Holz, desto biegsamer, sollte man meinen. Ein Stab aus dem leichten, weißen Wellingtonienholz biegt sich zusammen wie ein Hickorystab. Wellenförmige Holzfaser scheint günstig: wellenfaseriger Maßholder ist biegsamer als geradfaseriger. Schieffaserigkeit und Knoten erlauben wegen frühen Bruchs die sonstige Biegsamkeit weder bei Zug noch bei Druck.

Wurzel- und Stockholz sind biegsamer als Stammholz, insbesondere solches vom oberen Stamm. Astholz ist bei vielen Holzarten, z. B. Eiche, Esche und Erle sehr brüchig. Solches teilweise schon deshalb, weil bei diesen lichtbedürftigen Bäumen die Aeste ein ziemlich hohes Alter haben. Andere Baumarten haben dagegen biegsames Reisig, so Birke und Weidenarten. Faserigkeit der Rißflächen deutet nur bei gewissen Holzarten, z. B. Eiche, auf Biegsamkeit.

Nasser Boden erzeugt gern geringes, d. h. leichtes brüchiges Holz.

Daß die Feuchtigkeit des Holzes auf dessen Biegsamkeit einen großen Einfluß hat, ist handgreiflich. Trocken aufbewahrte Ernteweiden legt man deshalb vor dem Gebrauch ins Wasser.

Gefroren bricht oft selbst das biegsamste Holz. Auch von Saft strotzende Weiden (Frühling) brechen leicht.

Im Freien gelagert, doch auch unter Dach, nur viel langsamer, verliert das Holz seine Biegsamkeit.

Die Biegsamkeit kann groß sein infolge von Nachgeben im Zug oder in der Stauung. Bei der Wellingtonie wie beim Bleistiftholz (Juniperus virginiana) und Ulme entsteht die hohe Biegsamkeit eines Stabes durch die große Streckung im Zuge. Sie ist bei Wellingtonie so namhaft, daß der Querschnitt vor und nach dem Bruche meßbar dünner ist und dünner bleibt. Bei gemeiner kanadischer Pappel und Gleditschie ist die Stauung größer und scheint dadurch die Biegsamkeit gesteigert zu werden.

Wie bei allen mechanischen Anstrengungen eines Materiales weicht auch bei der Erprobung der Streckungs-, der Stauungs- und der Beugungsbiegsamkeit des Holzes die Probe an irgend einer schwächeren Stelle. Da diese an sich mehr oder weniger sich strecken oder stauen kann, außerdem auf eine längere oder kürzere Strecke (in der Regel bei Zug 12,5 cm, bei Stauung 9 cm) berechnet werden mußte, so ist den unten folgenden Zahlen ein zu hoher Wert nicht beizulegen, so viele Mühe ihre Erhebung auch veranlaßte.

Bei den Beugungsversuchen mit unseren Breitstäben zeigten sich besonders biegsam, obgleich in der Summe niedriger stehend als die anderen Bäume derselben Art, junge Zerreiche, Wellingtonie, Hickoryarten, Celtis australis und occidentalis, offenbar teilweis im Zusammenhange mit Breite oder Schmalheit der Holzringe und dem Alter der Bäume.

Bilden wir aus unseren noch unvollkommenen Streckungs- und Stauungsergebnissen einige Biegsamkeitsklassen, so wären zu setzen in

I. Klasse: sehr biegsam, mit mehr als 5 % Gesamtstreckung und -Stauung.

	Zug		Druck		Summe
Wellingtonie	10,23	+	1,83	=	12,06
Juniperus virginiana	6,60	+	1,62	=	8,22
Bitternuß	3,93	+	2,58	=	6,51
Weißweide	2,51	+	2,76	=	5,27
Kaspische Weide	2,75	+	2,31	=	5,06

II. Klasse: biegsam, mit mehr als 4 % Gesamtänderung.

Flatterulme	3,15	+	1,71	=	4,86
Traubenkirsche	2,90	+	1,81	=	4,71
Europäischer Zürgelbaum	2,85	+	1,75	=	4,60
Esche	2,58	+	1,96	=	4,54
Sophora	2,40	+	2,03	=	4,43
Gleditschie	1,89	+	2,46	=	4,35
Robinie	2,00	+	2,22	=	4,22
Feldulme	2,63	+	1,53	=	4,16
Bergulme	3,03	+	1,13	=	4,16
Amerikanischer Zürgelbaum	2,18	+	1,88	=	4,06
Grauerle	1,82	+	2,20	=	4,02

III. Klasse: mittler biegsam, mit mehr als 3 %.

Roßkastanie	2,25	+	1,67	=	3,92
Gem. Wallnuß	1,83	+	2,03	=	3,86
Spitzahorn	2,13	+	1,66	=	3,76
Roteiche, Hohenheimer	2,29	+	1,43	=	3,72
Maßholder, wellenfaseriger	1,71	+	2,01	=	3,72
Quercus cerris, alt, Kernbäume	1,97	+	1,73	=	3,70
Taxus baccata	1,82	+	1,87	=	2,69
Gemeiner Ahorn	1,95	+	1,63	=	3,58

	Zug		Druck		Summe
Weiße Hickory, Juglans alba . .	2,03	+	1,55	=	3,58
Quercus cerris, junge Splintbäume	1,34	+	2,24	=	3,58
Bohnenbaum (Cyt. alpinus) . .	1,81	+	1,74	=	3,55
Gem. Birke	1,91	+	1,60	=	3,51
Schwarzföhre, schwäbische . . .	1,66	+	1,85	=	3,51
Vogelbeer	2,04	+	1,45	=	3,49
Buche, gewöhnliche	1,88	+	1,60	=	3,48
Apfelbaum	1,61	+	1,85	=	3,46
Kleinblätterige Linde	1,63	+	1,83	=	3,46
Elsebaum (Pir. torminalis) . .	1,52	+	1,91	=	3,43
Gem. Eiche	1,52	+	1,88	=	3,40
Haine	1,62	+	1,74	=	3,36
Aspe	1,48	+	1,85	=	3,33
Gem. kanadische Pappel . . .	1,20	+	2,11	=	3,30
Arve	1,83	+	1,43	=	3,26
Edelkastanie, Hohenheimer . . .	1,28	+	1,93	=	3,21
Pfaffenhütchen	1,49	+	1,70	=	3,19
Gem. Erle	1,44	+	1,74	=	3,18
Vogelkirsche	1,65	+	1,47	=	3,12
Sperberbaum	1,60	+	1,47	=	3,07
Schwarzföhre, Wiener	1,34	+	1,69	=	3,03

IV. Klasse: wenig biegsam, mit mehr als 2% Gesamtänderung.

Maßholder, gewöhnlicher . . .	1,53	+	1,39	=	2,92
Lärche	1,27	+	1,62	=	2,89
Buche, var. Steinbuche	1,33	+	1,55	=	2,88
Fichte	0,79	+	1,98	=	2,77
Silberlinde	0,98	+	1,79	=	2,77
Weymouthsföhre	1,48	+	1,23	=	2,71
Platane	0,73	+	1,87	=	2,60
Großblätterige Linde	1,51	+	1,09	=	2,60

	Zug		Druck		Summe
Silberpappel	1,35	+	1,16	=	2,51
Gem. Föhre	0,81	+	1,62	=	2,43
Edelkastanie, italienische . . .	1,05	+	1,35	=	2,40
Tanne	0,87	+	1,14	=	2,01.

Ein Blick auf die ersten Zahlen vorstehender Zusammenstellung belehrt darüber, daß größte Biegsamkeit im Zuge vereinbar ist mit geringer Nachgiebigkeit in der Stauung.

Man spricht neben Biegsamkeit auch von **Zähigkeit** des Holzes. Beim Nachdenken darüber kommt man jedoch zur Erkenntnis, daß alles, was sich über letztere Eigenschaft sagen läßt, auch auf die Biegsamkeit Bezug hat. Soll der Begriff von Zähigkeit beibehalten werden, so wird man vielleicht zum Kriterium bleibender Streckung und Stauung des Holzes seine Zuflucht nehmen müssen, wie wir sie in ersterer Beziehung bei Nadelhölzern, z. B. Fichte und Tanne, finden. An ihnen erscheint der gestreckte Strang nachher oval, und zwar so, daß die Breitseite in der Sehne liegt. Auch bei Wellingtonie trifft solches zu, wenn im Strange weiche und harte Schichten miteinander abwechseln. Wogegen bei ihr der Strang in der Sehne stärker zusammengezogen erscheint, wenn er aus einem breiten schwammigen Ringe gebildet ist. — Durch Abwelkenlassen saftreichen Holzes und besonders durch Bähen soll die Zähigkeit namhaft gesteigert werden können.

---

12. Festigkeit.

Nach den Betrachtungen, welche wir bei der Federkraft angestellt haben und auf welche wir verweisen müssen, können wir uns hier kürzer fassen und nennen

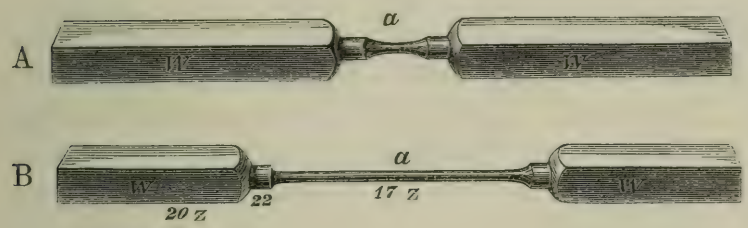
Zugfestigkeit den Widerstand eines Holzstranges gegen eine Kraft, welche ihn seiner Länge nach zerreißt,

Druckfestigkeit seinen Widerstand gegen eine Gewalt, welche ihn seiner Länge nach zerstaut, zerquetscht, und

Beugungsfestigkeit denjenigen, welchen ein Stab einer Kraft entgegensetzt, die ihn an den Enden unterstützt, in der Mitte ausbiegt und zerbricht, oder, in der Mitte unterstützt, an den Enden in Anspruch nimmt und zum Bruch in der Mitte gesteigert wird.

Zur Ermittelung der Zugfestigkeit wären am zweckmäßigsten Stücke von der Figur 12 A zu verwenden. Um jedoch auch die

Fig. 12.



Streckung bis zum Bruche beobachten zu können, gebrauchte ich Fig. 12 B.

Nachdem Strang a zerrissen worden, dienten die Wangen w erst zur Bestimmung des spezifischen Trockengewichts des Probestücks, sodann mittels der 6 bis 8 Säulchen, in die sie zerlegt wurden, zur Ermittelung der Druckfestigkeit. Bei der Berechnung der Durchschnittsergebnisse für Zug und Beugung, wo sich Unregelmäßigkeiten weit mehr bemerklich machen als beim Drucke, wurden schief- und wellenfaserige Proben beiseite gelassen.

Die Druckfestigkeit wurde, um auch hier den Verlauf der Stauung beobachten zu können, nicht an Würfeln, sondern an

Säulchen von 10 cm Länge und 2 × 2 cm = 4 qcm Querschnitt ermittelt.

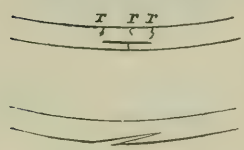
Zur Erhebung der Beugungsfestigkeit dienten Breitstäbe von 75 cm Entfernung der beiderseitigen Angriffspunkte, 4 cm Breite und 2 cm Dicke, bei Unterstützung des Stabes in seiner Mitte; Jahresringe im Stabe rechtwinkelig auf die Breitseite gestellt. Je verschiedener die Holzschichten, desto notwendiger diese Maßregel. Nadelholzstäbe, in denen die Jahreslagen platt liegen, biegen sich leichter und werden deshalb weniger tragen.

Angewandte Formel wie früher

$$R = \frac{3}{2} \times \frac{P \times L}{B \times H^2}.$$

Bei Breitstäben, welche regelmäßigen Faserverlauf zeigen, pflegt sich beim Bruch in der Mitte der in Zug begriffene Teil der Fasern zugleich mit seinem Abreißen von den im Drucke befindlichen zu trennen, wie wir in unserer Figur 13a sehen. Bei Aspe bemerkt man Riesellinien auf der Druckseite. Deshalb fragt es sich, ob auch die Schwäche im Druck Veranlassung zum Bruche werden kann.

Fig. 13.



Ein Schiefeinreißen auf der Zugseite (Fig. 13b) scheint immer Anzeichen schiefen Faserverlaufes zu sein.

Bei der Beugung haben wir stets im Auge zu behalten, daß an einem sich biegenden Stab ein kleinerer Teil Fasern im Zug, ein größerer sich im Drucke befindet. — Da das Holz jedes Stabes oder Balkens nach drei Richtungen verschieden gebaut ist, vermögen wir ohne Kenntnis des anatomischen Baues auch die Festigkeitserscheinungen nicht zu erklären.

Einzelne Holzarten zeichnen sich vor anderen durch ihren

Bau aus. So, abgesehen von einer nachher aufzuzählenden Eigentümlichkeit, die Hickoryarten, Rotulme, Robinie, Birke und Buche.

Bei Zug und Druck, somit auch in der Beugung, gilt der Satz, daß das Holz in seiner „Faserlänge ein Vielfaches", das Vier- bis Zehnfache der Kraft entwickelt, welche wir bei den Querdimensionen (Halbmesser und Sehne) beobachten. Sehr wichtig ist deshalb der streng parallele Verlauf der Holzringe. Jede Abweichung von demselben, Vorhandensein von Knoten, selbst schlafenden Knospen, wirken sehr schwächend, öfters um $^1/_4$, auf die Längsfestigkeit. Andererseits begreifen wir auf Grund des anatomischen Baues, warum bei Zug und Druck die radiale Festigkeit durch Aeste erhöht wird und warum die Festigkeit im Halbmesser etwas höher ist als in der Sehne.

Bei regelmäßigem Bau des Holzes pflegen alle Fasern gleichmäßig angespannt zu sein. Bricht im Zug oder weicht im Druck ein Faserbündel, so folgen alle anderen nach. Nur eine Gruppe wertvoller Wagnerhölzer (Hickory, Rotulme, bei Breitstäben zuweilen Birke) bildet hiervon eine Ausnahme. Ihre Holzbündel sind nicht in gleichförmiger Spannung. Vielmehr können an ihnen in Zug und Beugung einzelne Holzbündel nacheinander unter Krachen herausgerissen werden, ehe die Masse der übrigen ihre höchste Kraft entwickelt. Sie können daher in Zug und Druck unter einer Last längere Zeit verweilen. — Größere Breite der Jahresringe zeigt bei den ringporigen Hölzern, Schmalheit bei den Nadelhölzern, mittelbar durch Erhöhung des spezifischen Trockengewichtes vorteilhaften Einfluß. Sogenanntes Rotholz mindert bei Tanne und Fichte die Zugfestigkeit, erhöht aber bei Fichte, wenn auch nicht im Verhältnisse der Gewichtssteigerung, den Druckwiderstand. Die bescheidene Harzmenge des Lärchenkerns, des Kerns der Weymouthsföhre und öfters der gemeinen Föhre stärkt und steift die Holzfaser, zu viel Harz des Schwarzföhrenkerns erweicht und schwächt.

Aufnahme von 5 bis 9 % Luftfeuchtigkeit, wie sie im Winter gut möglich ist, vermag die Festigkeit je nach den Holzarten um 1/5, 1/4, ja bei dünnem Material um 1/3 herabzudrücken. Dasselbe fand Bauschinger. In seinen Figuren*) sehen wir die Nadelhölzer überall bei hohen Saftgehalten von 40 % und mehr, auf 10 % Verlust um sehr wenig an Druckfestigkeit zunehmen, wogegen die 10 % Feuchtigkeitsverlust in der Nähe der Lufttrockenheit der Hölzer eine auffallende Steigerung ihrer Kraft im Gefolge haben.

Bauschinger legt einigen seiner Tabellen, welche die Druckfestigkeit der Nadelhölzer darstellen, einen Feuchtigkeitsgehalt der Holzproben von 15 % zu Grunde, weil derselbe bei Aufbewahrung unter Schuppen am leichtesten nahezu erhalten werde. Die vollständige Trockenheit seines Materiales erreichte er durch Trocknung bei 100 bis 105° C. Anfänglich glaubte ich unterstellen zu dürfen, daß dadurch seine Hölzer etwa denselben Grad von Lufttrockenheit könnten erreicht haben, welchen ich mit großer Geduld durch Austrocknenlassen meiner Probehölzer im geheizten Zimmer erreichte. Ich glaube es nicht mehr, nachdem ich gefunden, daß seine bei genannter Temperatur gedörrten Nadelhölzer, trotz geringeren spezifischen Trockengewichtes mehr oder weniger, zuweilen um ein ganzes Dritteil im Drucke höher stehen als meine Angaben (vergl. S. 16 und S. 67).

Schon am lebenden Baume macht sich der schwächende hohe Saftgehalt bemerklich. Saftreiche Aeste hängen mehr oder weniger bogenförmig herab. Dürre stehen geradeaus.

Beim Zuge, d. h. der Hauptfestigkeitsleistung des Holzes in der Beugung, liegt die Schwierigkeit hauptsächlich in der Leichtigkeit, womit es sich aus der Seitenverbindung löst, und

---

*) Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium in München. Heft 16. 1887.

können daher wie in Figur A (S. 59) die Köpfe W nicht zu lang gemacht werden.

Für den Druck gilt als Regel der Bauleute, Säulen und Pfosten nicht über 7 bis 8mal so lang zu machen, als sie dick sind. Doch verhalten sich die Holzarten verschieden. Nadelhölzer sitzen einfach ab, d. h. setzen sich an einer schwächeren Stelle zusammen, ohne sich zu krümmen, wenn sie nicht mehr als **12 bis 15mal** so lang als dick sind. Von den Laubhölzern sitzt ein Teil ohne wesentliche Krümmung ab, wenn die aus ihnen bestehenden Säulen nicht mehr als **7 bis 11mal** so lang als dick sind. Hierher Grauerle, Birke, Pappeln und Linden. Unter den übrigen Laubhölzern sitzt ein Teil, z. B. Haine, bei 5 bis 6facher Länge ab, Roßkastanie krümmt sich und bekommt Falten und Runzeln bei nur 3facher Länge. Sophora krümmt sich selbst bei Würfelform. — Innerhalb der vorstehend angegebenen Grenzen ist es gleichgültig, ob man eine Säule lang oder kurz macht.

Eine Rundsäule trägt, abgesehen von Wellenfasern, welche am Umfang abgeschnitten sein können, so viel als eine quadratische Säule von gleichem Querschnitte.

Die Fällungszeit hat auf das spezifische Trockengewicht und damit die Festigkeit des Holzes keinen oder höchstens einen kaum meßbaren Einfluß.

Die Verteilung der Festigkeit durch den ganzen Baum geht Hand in Hand mit dem spezifischen Trockengewicht, unter Berücksichtigung des Umstandes, daß die Holzringe wegen vorhandener Astspuren im Innersten, ebenso auch oft unter der Rinde, unregelmäßiger sein können als auf halbem Radius, daß Ringbreite und Regelmäßigkeit der Anlagerung der Holzringe bei geschlossen erwachsenen Bäumen wie die Spaltbarkeit nach dem oberen Schafte zunehmen, an freistehenden Bäumen dagegen die Ringe gegen oben an Breite abnehmen, das Holz

auch vielfach ästig oder knotig, wenn auch spezifisch trockenschwerer ist als bei geschlossen erwachsenen Bäumen.

Ehe wir Zug-, Druck- und Beugungsfestigkeit der wichtigsten Holzarten angeben, sei bemerkt, daß es nützlich ist, aus den Festigkeitszahlen durch Division mit dem spezifischen Trockengewichte, wie auch oben S. 47 bei der Federkraft geschehen, einen Quotienten zu bilden, der offenbar die Festigkeit für das spezifische Trockengewicht 1,00 darstellt und daher eine gewisse Vergleichung der Holzarten unter sich zuläßt. Sind z. B. die Festigkeitszahlen für Zug-, Druck und Beugung bei

Fichte 0,420 7,34 k (17,5 k), 3,63 k (8,65 k), 6,88 k (16,4 k) (im Mittel 14,18 k),

Tanne 0,478 10,87 k (22,75 k), 4,25 (8,89 k), 8,38 k (17,57 k) (im Mittel 16,40 k),

so sind die Quotienten bei beiden Holzarten die in Klammer gesetzten. Wir dürfen daraus den Schluß ziehen, daß der Bau der Tanne im allgemeinen der Festigkeit günstiger ist als der der Fichte und können es den ausgeprägteren Sommerholzschichten zuschreiben. Besonders zuverlässig, weil abgeleitet aus einer größeren Zahl Proben, erscheint immer bei solchen Betrachtungen die Druckfestigkeitszahl.

Begreiflich finden wir die höchste Festigkeit bei jungen, schwerholzigen Laubholzbäumen heißer Länder, doch auch schon Italiens. Warum die nordischen Föhren und wohl auch Fichten höheres Trockengewicht und damit höhere Festigkeit zeigen als die unsrigen, findet sich schon oben S. 3 erläutert. Südliche Lage an Gebirgen, im Gegensatze zu Nordseiten, bringt bei höherem spezifischen Trockengewichte festeres Holz mit sich. Der Boden wirkt darauf mittelbar, insofern auf nassem oder moorigem, oder armem feuchten sandigen Grunde lockeres leichtes Holz erwächst.

Im Bereiche derselben Holzart und des Baumindividuums, pflegt die Festigkeit, zuweilen in etwas gesteigertem Maße, Hand

in Hand mit dem spezifischen Trockengewichte zu gehen. Weil das spezifische Trockengewicht im Untertrumm des Baumes durchschnittlich am höchsten steht und damit auch größere Zähigkeit verbunden ist als weiter oben am Schafte, können für alle Zwecke, wozu festes und zähes Material nötig wird, in der Regel nur das unterste oder einige untere Trümmer gebraucht werden.

Kernholz, wenn von höherem spezifischen Trockengewichte, geradfaserig und noch nicht in Zersetzung begriffen, hat größere Festigkeit als Splint. Dieser kann aber bei höherem Trockengewicht und gerader Faser dem Kern überlegen sein (Eiche, Fichte).

Krankheit des Holzes, rühre sie wie im Innern des Baumes von dessen Alter her oder von Feuchtigkeit, welcher das Material am Orte des Verbrauchs ausgesetzt war, drückt die Festigkeit herab. Doch muß, um Einfluß darauf zu gewinnen, die Zersetzung einen höheren Grad erreicht haben als das bloße Erstickt sein unter der Rinde. Geringe Sorten von Eschen- und Eichenholz verlieren übrigens, selbst gut unter Dach aufbewahrt, infolge leichter Entmischung schon nach 6 bis 8 Jahren einen Teil ihrer Festigkeit.

Vorstehende Thatsachen wurden hauptsächlich bei Versuchen über Zug und Druck festgestellt, finden daher ihre Anwendung auch auf Beugung. Doch ist dabei zu beachten, daß z. B. knorrige oder knotige Teile eines Stabes oder Balkens besser auf die Druck- als auf die Zugseite gelegt werden, da sie auf der Zugseite sehr leicht zum Bruche führen. Besteht ein Fichten- oder Tannenstab einseitig aus breitringigem Rotholze, so muß dieses auf der Druckseite verwendet werden, weil es nach oben (S. 61) auf dieser Seite stärkt, während es auf der Zugseite schwächen würde. Ein regelmäßig kreisig erwachsener, das Mark in der Mitte tragender quadratischer Balken wird auf jeder der vier Seiten liegend die gleiche Last tragen, weil sich die Holzringe in seinem Innern symmetrisch verteilen. Enthält er

das Mark nicht, sondern ist zwischen diesem und der Rinde herausgearbeitet, so hat es in der Art zu geschehen, daß bei der Verwendung an Ort und Stelle seine Jahresringe aufrecht (auf die hohe Kante) zu stehen kommen. Je größer der Unterschied zwischen Anfangs- und Endzonen der Jahresringe, desto wichtiger erscheint diese Rücksicht; so bei den Nadelholz-, z. B. Fichten- oder Tannenbrettern. Werden diese mit plattliegenden Ringen gelegt, so schlagen sie sich bei der Belastung gern ein, wie ein Kartenspiel, das man der Länge nach biegt. Ebenso wird ein rechtwinkeliger Balken mit seinem vorteilhaftesten Verhältnisse (5 : 7) aus einem schief erwachsenen (elliptischen) Nadelholzstamm in der Art herzustellen sein, daß die Breitseite des Stammes der längeren Seite (7) entspricht und die frühere Erdseite des Baumes mit ihrem Rotholz auf die obere, d. h. die Druckseite des Balkens zu liegen kommt.

Da die sogenannte Armierung von Balken darauf beruht, einem Trumm in fester Verbindung Holzstücke aufzusetzen, welche den Druckwiderstand vergrößern, werden unsere nachfolgenden Zahlen auch einigen Wert für die Beurteilung der Holzarten haben, welche sich zum Trumme selbst und welche zu Verstärkungsstücken sich eignen.

Uebersicht der Holzarten nach ihrer Festigkeit, d. h. nach Zug, Druck und Beugung.

(Ordnung nach den lateinischen Namen.)

	Spezifisches Trockengewicht	Zug 1 qmm	Druck 1 qmm	Beugung 1 qmm	Im Durchschnitt 1 qmm	10 k Festigkeitsdurchschn.
		k	k	k	k	durch
Balsamtanne, Abies balsamea	0,447	5,64	2,49	4,74	4,29	1,04
Fichte, Abies excelsa	0,420	7,34	3,63	6,88	5,80	0,72
Tanne, „ pectinata	0,478	10,87	4,25	8,38	7,83	0,61
Masholder, Acer campestre .	0,674	13,01	5,68	8,55	9,08	0,74
Silberahorn, „ dasycarpum	0,641	14,53	4,94	8,36	9,28	0,69
Spitzahorn, „ platanoides	0,789	16,64	5,88	11,84	11,45	0,69
Gem. Ahorn, „ pseudopl. .	0,672	14,43	5,41	10,62	10,15	0,66
Roßkastanie, Aesc. hippoc. . .	0,534	9,22	3,63	7,59	6,81	0,78
Götterbaum, Ail. glandulosa .	0,621	10,43	3,82	8,55	7,60	0,82
Gem. Erle, Alnus glutinosa .	0,526	11,90	4,24	8,33	8,16	0,64
Grauerle, „ incana . . .	0,482	9,02	3,45	7,05	6,51	0,74
Birke, Betula alba	0,687	17,56	5,16	11,91	11,54	0,59
Haine, Carp. betulus	0,753	13,93	5,22	11,76	10,30	0,73
Edelkastanie, Cast. vesca . .	0,611	10,79	5,07	10,33	8,73	0,70
Zürgelbaum, Celt. austr. . . .	0,746	9,25	3,36	11,67	8,09	0,92
Zürgelbaum, „ occid. . . .	0,783	13,19	4,64	10,15	9,33	0,84
Kornelkirsche, Cornus mascula	0,960	14,10	5,75	13,68	11,18	0,86
Buche, Fagus silv. glattrindig .	0,742	16,36	6,12	11,53	11,34	0,65
Buche, „ silv. (Steinbuche)	0,748	12,08	4,20	10,25	8,84	0,85
Esche, Fraxin. excelsior . . .	0,733	13,45	4,39	11,55	9,80	0,75
Weiße Hickory, Jugl. alba . .	0,909	23,16	6,10	17,13	15,46	0,59
Bittermuß, „ amara .	0,843	11,73	7,15	14,89	11,26	0,75
Graumuß, „ cinerea .	0,557	15,38	3,73	7,83	8,98	0,62
Gem. Nußbaum, „ regia . .	0,603	9,48	3,85	7,55	6,96	0,87
Falsches Zedernholz, Jun. virg.	0,534	6,42	3,68	—	—	—
Lärche, Lar. europ. I. Kl. . .	0,696	> 13,90	6,25	13,23	11,13	0,62
Lärche, „ „ II. Kl. . .	0,731	> 12,62	6,12	13,60	10,78	0,68
Lärche, „ „ III. Kl. . .	0,600	11,06	4,83	9,88	8,59	0,70

Anm. Wie in der Einleitung erörtert, gibt diese Tabelle an, wie viele Kilo in Zug, Druck, Beugung und in deren Durchschnitt 1 qmm vom angegebenen spezifischen Trockengewicht aushält.

Die letzte Spalte bezeichnet das spezifische Trockengewicht, welches nötig ist, um 10 k Durchschnittsfestigkeit zu leisten.

	Spezifisches Trockengewicht	Zug 1 qmm	Druck 1 qmm	Beugung 1 qmm	Im Durchschnitt 1 qmm	10 k Festigkeitdurchschn.
		k	k	k	k	durch
Lärche, Lar. europ. IV Kl. . .	0,562	9,41	4,06	—	—	—
Arve, Pinus cembra .	0,406	7,71	3,36	6,09	5,72	0,71
Schwarzföhre, „ laricio (Wien)	0,730	>15,22	5,25	12,88	11,12	0,66
Schwarzföhre, Pinus lar. (Hohenheim)	0,565	11,34	4,80	9,34	8,49	0,66
Gem. Föhre, Pinus silvestris	0,551	10,65	4,44	9,73	8,27	0,67
Weymouthsföhre, „ strobus .	0,447	8,65	3,66	7,17	6,49	0,69
Apfelbaum, Pirus malus . . .	0,718	12,01	4,45	9,82	8,76	0,82
Elsebaum, „ torminalis .	0,772	15,21	5,93	13,11	11,42	0,68
Platane, Plat. vulgaris	0,634	9,46	4,00	7,99	7,15	0,89
Silberpappel, Populus alba . .	0,449	11,04	4,01	7,51	7,72	0,60
Gem. kan. Pappel, „ monilif.	0,437	7,67	3,62	6,65	5,98	0,73
Aspe, „ tremula	0,513	12,23	4,21	8,20	8,21	0,62
Wildkirsche, Prunus avium . .	0,663	14,97	5,72	10,75	10,48	0,63
Traubenkirsche, „ padus . .	0,618	14,93	4,58	9,75	9,75	0,63
Zerreiche, Quercus cerris	0,854	16,31	6,02	12,93	11,75	0,73
Immergr. Eiche, „ ilex .	0,980	17,47	6,41	12,41	12,10	0,81
Traubeneiche, „ sessiliflora	0,803	15,10	5,46	—	—	—
Stieleiche, Quercus pedunc. .	0,757	13,11	5,11	10,20	9,47	0,80
Roteiche, „ rubra . . .	0,741	13,68	4,67	11,07	9,81	0,75
Korkeiche, „ suber . . .	0,838	?	4,80	—	—	—
Robinie, Rob. pseudoacacia .	0,769	>18,33	6,37	13,07	12,59	0,61
Weißweide, Salix alba . .	0,452	7,07	3,10	5,49	5,22	0,87
Sale, „ caprea .	0,563	>14,64	4,21	—	—	—
Kaspische Weide, „ pruinosa	0,519	12,30	3,48	7,56	7,78	0,67
Vogelbeer, Sorbus aucuparia .	0,638	16,48	5,45	10,02	10,65	0,60
Sperberbaum, „ dom. . . .	0,879	11,18	4,90	10,70	8,93	0,98
Eibe, Taxus baccata	0,762	14,15	6,83	11,93	10,97	0,69
Großbl. Linde, Tilia grandif.	0,494	9,86	3,50	7,43	6,93	0,71
Kleinbl. Linde, „ parvif. .	0,522	10,16	3,98	6,86	7,00	0,75
Rotulme, Ulm. camp. *Sm.* I .	0,735	21,07	5,40	13,81	13,43	0,55
Bergulme, bessere, Ulm. mont. *Sm.* II	0,650	15,87	4,60	10,68	10,38	0,63
Bergulme, geringe, Ulm. mont. *Sm.* III	0,693	10,96	4,26	9,54	8,25	0,84
Wellingtonie	0,376	2,76	1,71	4,08	2,85	1,32

Aus diesen Zahlen geht zunächst hervor, daß die Druckfestigkeit in der Regel nur einen Bruchteil der Zugfestigkeit ausmacht. Diese beträgt bei vorzüglichen Holzarten das Vierfache (Hickory, Graunuß, Rotulme), gewöhnlich das Zwei- bis Dreifache (Fichte, Tanne, Buche, Föhren, Pappeln, Eichen, Linden); geringe wie Thuja und Wellingtonie zeigen nur den anderthalbfachen Betrag. Die Beugungszahlen dagegen kommen den Zahlen des Zuges ziemlich nahe, d. h. stehen gewöhnlich etwas tiefer, selten darüber. Wo solches zutrifft, wie z. B. bei Bitternuß und Wellingtonie, ist anzunehmen, daß zu Feststellung der richtigen Zahlen das vorhandene Material nicht genügte.

Der schwächende Einfluß unregelmäßigen Verlaufes der Holzbündel auf Zug ist, wie an wellenfaserigem Maßholder und Steinbuche zu sehen, viel größer als auf Druck.

Stellen wir die Holzarten nach Zug-, nach Druck- und nach Beugungsfestigkeit zusammen, so wird ersichtlich, daß es bei allen drei nahezu dieselben Holzarten sind, welche sich in die obersten und ebenso in die untersten Stufen der entstandenen Leiter einreihen.

Nehmen wir daher, was zulässig sein dürfte, jedoch wegen des Ueberwiegens der gestauten Fasern für Beugung nicht in aller Schärfe richtig sein kann, ein Mittel aus Zug, Druck und Beugung und klassifizieren hiernach die einzelnen Holzarten, so ergibt sich folgende Stufenleiter:

Weiße Hickory, Rotulme, Robinie, immergrüne Eiche, Zerreiche, Birke*), Spitzahorn, Elsebaum, Buche, Bitternuß,

*) Nach Federkraft und Festigkeit gehört die Birke zu den vorzüglichsten Holzarten. Indessen ergab ein nach Norden gelegener ausgebauter Steinbruch des Reviers Hohenheim eine Anzahl rasch erwachsener Birken, deren Holz sich beim Spalten so brüchig zeigte, daß erstere von den Holzhauern unter das Brennholz geworfen werden mußten, trotz der sonst geltenden Gewohnheit, alles gerad erwachsene

Kornelkirsche, Lärche I. Kl., Wiener Schwarzföhre, Eibe, Lärche II. Kl., Vogelbeer, Wildkirsche, Ulme II. Kl., Haine, gemeiner Ahorn, Roteiche, Esche, Traubenkirsche, gemeine (Stiel-)Eiche, amerik. Zürgelbaum, Silberahorn, Maßholder, Sperberbaum, Steinbuche, Apfelbaum, Edelkastanie, Lärche III. Kl., Hohenheimer Schwarzföhre, gemeine Föhre, Ulme III. Kl., Aspe, gemeine Erle, europäischer Zürgelbaum, Tanne, kaspische Weide, Götterbaum, Silberpappel, Platane, kleinblättrige Linde, gemeiner Nußbaum, großblättrige Linde, Roßkastanie, Grauerle, Weymouthsföhre, gemeine kanadische Pappel, Fichte, Arve, Weißweide, Wellingtonie.

Tragen wir von allen der Probe unterworfenen Holzarten die Mittel aus Zug, Druck und Beugung graphisch auf und verbinden dieselben unter sich, so entsteht eine Krummlinie, welche nichts anderes ist als eine gesteigerte Kurve einer anderen, durch die wir die Druckfestigkeiten derselben Holzarten untereinander verbunden haben. Es dürfte hieraus hervorgehen, daß die so leicht zu untersuchende Druckfestigkeit wenigstens einen notdürftigen Maßstab für das Mittel aus Zug, Druck und Beugung abgibt, wie sie in der That schon öfters als Maßstab benützt worden ist. Daß sie einen richtigen solchen nicht abgeben kann, geht schon aus der Wandelbarkeit des Verhältnisses hervor, in dem sie bei verschiedenen Holzarten zur Zugfestigkeit einerseits und der Beugungsfestigkeit andererseits steht. Am wenigsten freilich taugt sie zur Vertretung der Zugfestigkeit. Denn diese bildet sozusagen eine Karrikatur der Krummlinie der Mittel.

Birkenholz als Nutzholz auszuscheiden. Das in Rede stehende Birkenholz schien sich nur durch dunkle Grenzlinien der Jahresringe, etwas abweichende dunklere Farbe und größere Weichheit von anderem zu unterscheiden. Ein neuer Beweis für den Einfluß des Standorts und der Individualität auf die Beschaffenheit der Bäume.

Zu Betrachtungen über mehr oder minder zweckmäßigen Holzbau der verschiedenen Holzarten geben uns hauptsächlich die öfters empfohlenen Quotienten Veranlassung. Gäbe es beispielsweise ein Graunußholz von unveränderter Textur, aber dem spezifischen Trockengewicht 1,000, so stände solches im Zuge mit 27,6 k am höchsten. Unter derselben Voraussetzung kämen Tanne, gemeine Erle, zumal Birke, auch Buche, einige Föhrenarten, Silberpappel, Aspe, Robinie, Sale und Vogelbeer dem Hickory nahezu gleich.

Da es stets vorteilhaft ist, wenn eine Holzart große Festigkeit zeigt, ohne ein großes Gewicht zu besitzen, können wir aus unsern vorstehenden Zahlen auch noch ableiten, wie viel wir Querschnitt von einer Holzart bedürfen, um 10 k Festigkeit zu entwickeln. Zu diesem Behufe dürfen wir nur mit unserer Mittelzahl in das den Festigkeitszahlen vorgesetzte spezifische Trockengewicht der Holzarten dividieren. Wir erhalten auf diese Weise eine von der frühern mannigfach abweichende Reihenfolge, welche sich in folgenden Klassen eines Quadratmillim. Querschnitt ausspricht:

1. 0,55—0,59: Rotulme, Birke, weiße Hickory.

2. 0,60—0,69: Silberpappel, Vogelbeer, Tanne, Robinie, Graunuß, Lärche I, Aspe, Wildkirsche, Traubenkirsche, Ulme II, gemeine Erle, Buche, gemeiner Ahorn, Wiener und Hohenheimer Schwarzföhre, kaspische Weide, Lärche II, Elsebaum, Silberahorn, Spitzahorn, Weymouthsföhre und Eibe.

3. 0,70—0,78: Edelkastanie, Lärche III, Arve, großblätterige Linde, Fichte, Haine, gemeine kanadische Pappel, Zerreiche, Maßholder, Grauerle, kleinblätterige Linde, Bitternuß, Esche, Roteiche, Roßkastanie.

4. 0,80—0,89: Stieleiche, immergrüne Eiche, Götterbaum, Apfelbaum, amer. Zürgelbaum, Ulme III, Steinbuche, Kornelkirsche, gemeiner Nußbaum, Weißweide, Platane.

5. 0,92—0,98: europ. Zürgelbaum und Sperberbaum.

6. 1,04—1,32: Balsamtanne und Wellingtonie.

13. Chemische Zusammensetzung.

Das Gerüste der Bäume besteht, wenn wir vom Mark absehen, aus den Wandungen der Poren, Holzzellen und Markstrahlzellen. Von mehreren Chemikern werden jedoch die ursprünglichen Häute, die Cellulose, als von anderer Zusammensetzung betrachtet denn die Verdickungsschichten, das Lignin. Solches scheint jedoch unwahrscheinlich. Schon deshalb, weil die Annahme großenteils auf der Unterstellung beruht, es finde vom Splinte zum Kern eine Veränderung durch Ablagerung von Verdickungsschichten statt, was nach oben S. 3 nicht der Fall ist.

Der Inhalt der Zellen und Poren ist teilweis organischer Natur. So Stärkemehl, Zucker, Dextrin, Pektin und andere Gummiarten, welche eine der Holzfaser ähnliche Zusammensetzung haben (Kohlehydrate). Ferner die stickstoffhaltigen Substanzen Pflanzenfibrin, Albumin und Kaseïn (Klebermehl). Endlich sehr verbreitet Gerbstoff, Harze, Farbstoffe.

Ein anderer Teil ist unorganisch. Man findet ihn, weil er im Baumkörper mit den organischen in Verbindung steht, hauptsächlich durch Einäscherung. Es sind die sogenannten Aschebestandteile, nämlich Kali, Natron, Kalk, Bittererde, Eisenoxyd, welche als basische Stoffe zu Lebzeiten des Baumes hauptsächlich mit pflanzlichen Säuren verbunden waren und sich in der Asche als kohlen- oder phosphorsaure Salze wiederfinden. Daß unter den Aschebestandteilen Kali und Natron die wichtigsten sind, ist bekannt.

Natur und Menge der Aschebestandteile hängen bis zu einem gewissen Grade von der Beschaffenheit des Bodens ab. Bittererde z. B. kann die Holzasche nur enthalten, wo die unterliegende Gebirgsart, z. B. Granit, solche enthält. Indessen überrascht nicht selten geringer Aschegehalt, wo man viel er-

wartet, und umgekehrt. Der Umfang, innerhalb dessen die Wurzeln ihre Nahrung suchen, ist besonders auch nach der Tiefe viel größer, als man gewöhnlich annimmt. Sodann besitzt der Baum im Abwerfen seiner Blätter und in der Winteraufspeicherung im Holzkörper Mittel, um einen Ueberfluß unschädlich zu machen und einem Mangel abzuhelfen.

E. Wolff*), der, wie schon oben S. 16 gesagt, im lufttrockenen Holze, wie in lufttrockenem Stroh, Heu 2c. 15 % Wasser annimmt, gibt für völlig wasserfreie, also mittels Abrechnung dieser 15 % hergestellte Trockensubstanz eine große Zahl von Anhaltspunkten, denen wir folgende Sätze entnehmen: Rückstand der Verbrennung (Reinasche) für Stammholz ohne Rinde 0,14 bis 0,50 %, für Rinde 0,76—9,26 %. Splintholz enthält mehr Asche als Kernholz. (Splintbäume dürften bis in die Nähe der Markröhre gleichmäßig Aschebestandteile führen.) Durch das Austreiben des Laubes vermindert sich der Aschegehalt der Bäume. Birke erfährt daher im März und April, die Mehrzahl der anderen Bäume im Mai und Juni eine Einbuße. Von Juli bis September ergänzt sich wieder der Vorrat. Holz in der Rinde enthält nach vorstehendem mehr Asche als Holz ohne Rinde. Da in den Aesten die Rinde im Vergleiche zum Holzkörper mehr betragen kann als am Stamme, nimmt der Aschegehalt nach dem Umfange der Krone gerne zu, d. h. Reiserholz enthält mehr als Ast-, dieses mehr als Stammholz. Mit dem Aufreißen der Rinde im hohen Alter wird solche bei vielen Holzarten wieder ascheärmer. Im allgemeinen haben die Laubbäume mehr Reinasche und in dieser mehr Kali als die Nadelhölzer. Birke nur stellt sich auf die Stufe der Nadelhölzer, unter welchen die Tanne kalireicher ist. Die Menge Kalk, die sich vorzugs-

*) Aschenanalysen von landwirtschaftlichen Produkten. Berlin, Wiegandt & Hempel 1871 u. 1880 (1871 wegen mehrerer auffälliger Zahlen nicht benützt).

weise in der Rinde anhäuft, pflegt im umgekehrten Verhältnisse zum vorhandenen Kali zu stehen.

Daß Floßholz, namentlich solches, das lange Zeit im Wasser verweilte, mehr oder weniger an Aschebestandteilen eingebüßt hat, erklärt sich von selbst.

Wenn angegeben wird, daß krüppelhaftes und anbrüchiges Holz mehr Asche liefere als gesundes, so mag solches in bezug auf ersteres seine Erklärung finden. In betreff des letzteren läßt sich nur annehmen, der Aschegehalt nehme dadurch relativ zu, daß die Fäulnis hauptsächlich die organischen Stoffe des Holzes ergreift und dadurch mehr anorganische übrig läßt. Sehen wir von den Ascheteilen des Holzes ab und wählen als Beispiel für die Zusammensetzung des Holzkörpers die vorzugsweis als Brennholz dienende berindete Buche, so gibt uns Chevandier*)

	für Stamm, Aeste, junge Stämmchen nach Abzug der Asche				für Wellen			
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff
auf 100:	49,89	6,07	43,11	0,93,	51,08	6,23	41,61	1,08

Warum hier, wie auch in den Analysen anderer Holzarten bei Wellen der Kohlenstoff etwas höher, der Sauerstoff etwas niedriger steht als beim Stammholz, ist schwer zu sagen. Dagegen begreift man etwas mehr Stickstoff, weil bei Wellen die stickstoffführende Rinde eine größere Rolle spielt. Wenigstens aus den Analysen von Chevandier ginge dieser Satz nicht bloß im Durchschnitte, sondern meist auch im einzelnen hervor.

Sehen wir vom Aschegehalt und Stickstoffgehalte der Hölzer ab, so zeigt sich bei den verschiedenen Holzarten in betreff des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs eine solche Uebereinstimmung, daß wir für unsere folgenden Zwecke, insbesondere

*) Recherches sur la composition élémentaire des différents bois. 1844, p. 15 u. 17.

die Brennkraft, die Hölzer als von gleicher Zusammensetzung betrachten können. Höchstens bei Föhrenkern mit seinem reichen Harzgehalt und bei Wellenholz mit seiner relativ bedeutsamen Rinde kann das Harz Bedeutung erlangen.

14. Brennkraft.

Schicken wir zunächst einige allgemeine Betrachtungen voraus.

Alles Holz, welches wir verbrennen, liefert schließlich eine seinem Kohlenstoffgehalt entsprechende Menge Kohlensäure und, dem Wasserstoff entsprechend, Wasser.

Jede häusliche Heizeinrichtung hat Luftzug notwendig. Dessen Herstellung ist aber mit einem unvermeidlichen größern oder kleinern Verlust an Brennkraft des Heizmaterials verbunden.

Von diesem Verlust absehend, geht man in der Chemie davon aus, daß die Kenntnis der Elementarzusammensetzung des Holzes (aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, der Stickstoff nicht in Betracht kommend) eine Berechnung seiner Heizkraft erlaube. Nach der ursprünglichen Auffassung nämlich stünde dieselbe im Verhältnisse zu der Menge des vom Kohlenstoff und Wasserstoff aus der Luft aufgenommenen Sauerstoffes. Der im Holz enthaltene Sauerstoff zählte hierbei nicht mit, indem er mit einem Teile der beiden Wärme entwickelnden Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff bereits in chemischer Verbindung stehend, keine Wärme entwickeln könnte.

Nach dieser Anschauung würde sich z. B. die Berechnung des Brennwerts unseres Buchenstammholzes S. 74 folgendermaßen gestalten, wobei wir voraussetzen wollen, daß der im Holze vorhandene Sauerstoff in Verbindung mit dem Wasserstoffe bleibe.

6,07 Gewichtseinheiten Wasserstoff erfordern, um zu Wasser zu werden, 48,64 Gewichtseinheiten Sauerstoff. Im Holze sind deren nur 43,11 vorhanden. Es müssen somit aus der Atmosphäre noch 5,53 Gewichtseinheiten Sauerstoff aufgenommen werden, und diese sind es allein, welche den Brennwert des Wasserstoffs unseres Buchenholzes repräsentieren.

Die 49,89 Kohlenstoff brauchen, um zu Kohlensäure zu werden, 49,89 × 2,67 = 133,0 Gewichtseinheiten Sauerstoff.

Nun ist aber nicht anzunehmen, daß sich, wie wir unterstellten, der im Holze vorhandene Sauerstoff lediglich auf den Wasserstoff werfen werde. Vielmehr wird er sich zwischen Wasserstoff und Kohlenstoff teilen. Das Endergebnis wird aber dasselbe sein wie im ersteren Falle, wenn wir berücksichtigen, daß ein Gewichtsteil Sauerstoff der Atmosphäre, welcher sich mit Kohlenstoff verbindet, nur 7161, während ein Gewichtsteil Wasserstoff 34 000 Wärmeeinheiten entwickelt.

Den 5,53 Gewichtseinheiten Sauerstoff, welche aus der Atmosphäre aufgenommen werden müssen, um allen vorhandenen Wasserstoff in Wasser zu verwandeln, entsprechen 5,53 : 8 = 0,69 Einheiten Wasserstoff, welche nach vorstehendem entwickeln . . . . . 23460 Wärmeeinheiten.

Der Kohlenstoff (49,89) unseres Holzes, 133,2 Gewichtseinheiten Sauerstoff erfordernd, liefert 49,89 · 7161 = 357300 Wärmeeinheiten.

Zusammen 380 760 Wärmeeinheiten.

Gegen diese Berechnungsweise läßt sich allerdings geltend machen, daß wir über die Art, wie im Holze Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff untereinander verbunden sind, keine Kenntnis haben und annehmen müssen, daß, je nachdem wir uns den Sauerstoff mehr mit dem Kohlenstoff oder dem Wasserstoffe verbunden denken, zur Trennung derselben eine verschieden große, jedenfalls aber eine gewisse Wärmemenge verloren gehen müsse, um welche vorstehendes Rechnungsergebnis zu hoch erscheint.

Aus der Ueberlegenheit des Wasserstoffes über den Kohlenstoff in Entwickelung von Wärme erklärt sich vielleicht die Vorzüglichkeit mancher Holzarten als Brennmaterial. So die des Birken- und frischen Erlenholzes. Auch die große Flamme, welche diese entwickeln, kann von etwas mehr Wasserstoff kommen.

Berthier suchte die Brennkraft des Holzes durch Glühen mit Bleiglätte, d. h. Bleioxyd, zu ermitteln, welches zur Oxydation des Kohlen- und des Wasserstoffes seinen Sauerstoff hergab und daher durch die Menge reduzierten Bleies den abgegebenen Sauerstoff zu berechnen erlaubte. Gegen dies Verfahren läßt sich ebenfalls einwenden, daß uns bei seiner Anwendung nicht bekannt wird, wie viel Sauerstoff dem Kohlenstoffe, wie viel dem Wasserstoffe zu gute kommt, während wir doch wissen, daß ein Quantum Sauerstoff weit mehr Wärme entwickelt, wenn es mit dem Wasserstoff, als wenn es mit Kohlenstoff in Verbindung tritt.

Stellen wir die von den Chemikern berechneten Brennkraftzahlen zusammen, so ergibt sich unter ihnen eine in die Augen fallende Uebereinstimmung. Die Brennkraft eines Grammes vollkommen getrockneten Holzes bewegt sich bei verschiedensten Holzarten zwischen 1,35 und 1,44, bei Wellenholz Chevandiers, nämlich Birke mit 1,472 und Weide 1,571, etwas weiter abweichend, so daß sich daraus gewöhnlich nur 7 %, bei Hinzurechnung der auf besonders hohe Brennkraft der Rinde des Wellenholzes deutenden Zahlen Chevandiers 17 % Schwankung ergeben würde.

Auf physikalischem Wege suchte man die Brennkraft des Holzes dadurch festzustellen, daß man ein gegebenes Quantum Holz verbrannte und ermittelte, welches Quantum Eis es zu schmelzen imstande war; oder diente die Erhöhung der Temperatur des Wassers als Maßstab. Auch diese Versuche, weil ebenfalls die „Gesamtwärmeentwickelung" des Holzes erzielend, konnten mit den Erfahrungen des alltäglichen Lebens schwer

in Einklang gebracht werden, welche von Heizeinrichtungen ausgehen, die einen Luftzug voraussetzen.

Am Schlusse des vorigen Jahrhunderts suchte G. L. Hartig*) den relativen Brennwert verschiedener Holzarten mittels einer Einrichtung zu erheben, welche man einem Kochherde vergleichen kann. Als Maßstab für die Brennkraft nahm er das Mittel aus drei Gesichtspunkten, nämlich der höchsten Temperatur, welche das Wasser seines Kesselchens erreichte, der Menge verdunsteten Wassers und endlich der Dauer der Wärmeentwickelung bis zum Erlöschen der Kohlenglut. Nach ihm stellte v. Werneck**) ähnliche Versuche an, jedoch mit einem aus starkem Eisenblech gefertigten und durch Töpferthon innerlich wohlausgefütterten Kasten. v. Werneck nahm zum Maßstabe den Durchschnitt aus dem höchsten Wärmestand im Innern des Kastens und die Dauer der Wärmeentwickelung bis zum Erlöschen der Kohlen.

Th. Hartig***) machte auf die Zufälligkeiten aufmerksam, von denen das endliche Erlöschen der Kohlen abhängt, und heißt deshalb die G. L. Hartigschen Ergebnisse, die sich zu $^1/_3$ darauf stützen, zu $^1/_3$, die v. Werneckschen aus demselben Grunde zu $^1/_2$ mangelhaft. Er selbst suchte Koch- und Zimmerheizwirkung an einem in seinem Zimmer stehenden im oberen Teil thönernen, im unteren eisernen Ofen zu ermitteln. In der Kachel des eisernen Teiles stand bei ihm für die Kochwirkung ein Blechgeschirr mit Wasser, worin ein Thermometer. Für die Zimmerheizwirkung waren 1 und 8′ vom Ofen Ther-

---

*) Physikalische Versuche über das Verhältnis der Brennbarkeit der Baumhölzer. Marburg 1794.

**) Physikalisch-chemische Abhandlungen. Gießen und Darmstadt 1808, bei Heyer.

***) Verhältnis des Brennwerts verschiedener Holz- und Torfarten. Braunschweig 1855.

mometer aufgehängt. Th. Hartig wollte nämlich beobachtet haben, daß der eine Brennstoff eine mehr am Ofen und den Kochgefäßen haftende, der andere eine mehr rasch durchgehende, dem umgebenden Raum zuströmende Wärme entwickle, was z. B. bei Eichenholz im Vergleiche mit Birkenholz jedem auffällt. Uebersehen scheint er aber zu haben, daß er in der von ihm geschilderten Weise weder die Koch- noch die Heizwirkung der Hölzer rein erhalten konnte. Denn offenbar mußte die erstere mit ihren Blechgeschirren die letztere und diese mit der Ausstrahlung ins Zimmer jene beeinflussen. Darum verzichte ich darauf, seine Angaben betreffs der einzelnen Holzarten zu wiederholen.

Unter den Umständen, welche auf die Brennkraft Einfluß üben, spielt wie sonst der anatomische Bau der Hölzer eine große Rolle. Ein Holz, das von einer Menge grober Poren durchzogen ist, wie Eiche, Buche, Ahorn, leitet Feuchtigkeit und bei der Verbrennung entstehende Gase viel leichter als ein porenloses, wie Tanne oder Wachholder. Uebrigens hat man in der Zerkleinerung, welche freilich nicht über eine gewisse ökonomische Grenze getrieben werden kann, ein Mittel, der Porenlosigkeit einigermaßen abzuhelfen. Der anatomische Bau erklärt uns auch die großen Abweichungen im spezifischen Trockengewichte, z. B. von 0,5 bis mehr als 1,0 bei der Eiche. Kernholz kann spezifisch schwerer und daher brennkräftiger sein als Splint. Da bei der Zersetzung im Innern starker Bäume wie bei der Humusbildung es vorzugsweise der Wasserstoff zu sein scheint, welcher verloren geht, wird anzunehmen sein, daß die Brennkraft des Kernholzes bei gleichem Gewichte mit dem Splint, unter Umständen sogar bei höherem, geringer sein kann als die des Splintes. Ebenso leidet auch Brennholz, welches im dumpfen Walde sitzt, oder unter der Rinde erstickt ist, in seinem wesentlichsten Bestandteile, dem Wasserstoff und verliert dabei mehr und mehr die Fähigkeit, mit Flamme zu brennen (Holzzunder).

Da die Hölzer in ihrer Brennkraft sehr wenig voneinander

ander abweichen, gibt für gesundes Holz insbesondere im Bereiche derselben Holzart und für Splint das spezifische Trockengewicht einen annähernd richtigen Maßstab. Die äußeren Umstände, welche Einfluß auf das spezifische Trockengewicht haben, finden sich oben S. 19 erörtert.

Wie wir S. 21 gesehen haben, erfährt das spezifische Trockengewicht im Laufe des Jahres fast keine Wandlung. Ganz junge Hölzer, noch aus lauter Splint bestehend, zeigten im Durchschnitte von fünf Laub- und Nadelbäumen gegenüber den sogenannten Hartmonaten Dezember, Januar und Februar nur 2,8 % Verlust an spezifischem Trockengewichte. Dieses wird daher an stärkeren Bäumen, woran Splint und junges Holz mehr und mehr zurücktreten, eine kaum nennenswerte Einbuße erleiden. Uebrigens gilt Sommerholz als etwas mehr flammend denn Winterholz.

Solang im Innern der Bäume Zersetzung noch nicht Platz gegriffen hat, ist das Alter derselben ohne Einfluß auf die Brennbarkeit und bemißt sich diejenige der verschiedenen Baumesteile nach deren spezifischem Trockengewichte.

Der Verlust an Brennkraft durch Wildflößerei setzt sich zusammen aus Abgestoßenwerden von Ecken und Kanten der Scheiter, im Falle von wiederholtem Ausgezogen- und Eingeworfenwerden aber aus Verlust der Rinde und Einbuße an Brennkraft der Scheiter. Dauert der Floß nur wenige Tage oder Wochen und verläuft günstig, so geht an Masse und Brennkraft kaum etwas verloren. Größer dagegen wird der Verlust, sobald es nötig wird, wegen Untersinkens einzelner Scheiter die ganze Holzmasse herauszuziehen, trocknen zu lassen und wieder einzuwerfen; solches doppelt nachteilig, wenn es wiederholt nötig wird. In diesem Falle steigert sich der Verlust namhaft, obgleich er die Höhe nicht erreicht, welche die v. Werneckschen Angaben behaupten. Daß vieles zur Flößerei bestimmte Brennholz im dumpfen Wald oder in feuchten Klingen sitzend schon

vor dem Geflößtwerden notleiden kann, ist selbstredend, läßt sich aber nicht näher erörtern.

Ungemein groß ist der Einfluß der Feuchtigkeit auf die Brennkraft. Gehen wir von gedörrtem Holz aus, mit welchem die höchste Heizkraft erzielt wird, so berechnet sich diejenige des lufttrockenen Holzes (mit 15 % Feuchtigkeit) auf 18 % weniger, und bei 45 % ist schon mehr als die Hälfte verloren. Der Holzfrevler, welcher im Winter Holz aus dem Walde holt und verbrennt, weiß es freilich nicht, daß im grünen Zustande das Holz nur einen kleinen Teil der Heizkraft entwickelt, den es nach gehöriger Trocknung entwickeln würde.

15. Dauer.

Das Gerüste des Holzes (Poren und Zellen) besteht aus Holzstoff (Pflanzenfaser, Zellulose, Lignin), welcher wenig Neigung hat, sich zu zersetzen. In den Poren und Zellen sind aber eine große Zahl untergeordneter Stoffe enthalten. Die einen davon, Zucker, Dextrin, Stärkemehl und Gummi, in ihrer Zusammensetzung dem Holzstoff ähnlich, sind zur Zersetzung kaum geneigter als er. Die andern aber haben verschiedene chemische Zusammensetzung und für die Dauer des sie enthaltenden Holzes sehr abweichende Bedeutung.

Wir nennen Gerbstoff, Harze, fette und flüchtige Oele, Farbstoffe, Pflanzenleim und Pflanzeneiweiß. Davon gilt ein Teil als fäulniswidrig, wie z. B. Gerbstoff, Terpentin und andere flüchtige Oele. Daß sie aber dem sie enthaltenden Holz eine große Dauer verleihen können, ist unwahrscheinlich: der an Gerbstoff reiche Eichensplint z. B. ist von kurzer Dauer, und der Gerbstoff verursacht Rosten der im Holze steckenden Nägel. Harz

schützt teilweise mechanisch gegen das Eindringen der Luft. Der es begleitende Terpentin gilt zwar wegen seiner Fähigkeit die Luft zu ozonisieren als Gift für niedere Organismen, verwandelt sich aber dabei mit der Zeit in Harz und scheint dann nicht mehr wirksam. Sonst würden wir schwerlich so häufig aus dem harz- und terpentinreichen Sommerholze von Föhre und anderen Nadelhölzern Schimmelarten pelzähnlich hervorwachsen sehen. Weil sehr leicht der Zersetzung, besonders durch niedere Organismen, unterworfen, werden dagegen die stickstoffhaltigen eiweißartigen Stoffe sehr gern Herde weiter zerstörender Fäulnisprozesse.

Bekanntlich sind eine Menge Pilze Veranlasser und Förderer der Zersetzung des Holzes. Da ihre Sporen überall in der Luft verbreitet sind, bedarf es nur der Feuchtigkeit und der Mitwirkung günstiger Umstände, um sie zur Keimung auf dem Holz und Wucherung in dessen Innerem zu veranlassen.

Man unterscheidet verschiedene Entmischungsprozesse des Holzes. Der Saft der Bäume enthält Zucker und Stärkemehl, welch letzteres sich unter dem Einfluß eines sogenannten diastatischen Fermentes gleichfalls in Zucker verwandeln kann. Dieser aber erleidet, mit Hefekeimen in Berührung kommend, die alkoholige Gärung, wobei er anscheinend ohne Aufnahme von Sauerstoff oder Bestandteilen des Wassers in Kohlensäure und Alkohol zerfällt. Mit vorstehender Gärung hängt der Weingeruch zusammen, den man in dumpfigen Holzmagazinen bemerkt, und die alkoholische Flüssigkeit, die aus Sägespänen gewonnen werden kann.

Ob auch das sogenannte Ersticken des Holzes unter der Rinde, das sogenannte Anlaufen, hierher gehört, weiß ich nicht. Alles saftreiche Holz nämlich nimmt unentrindet eine graue, braunbläuliche oder schwarze Farbe an. Weil sie im Holze nur so weit hinein entsteht, als dasselbe Saft führt, ist anzunehmen, daß dieser mit seinen organischen Einschlüssen die Ursache davon

sei. Tiefer erstreckt sie sich bei den bis zur Markröhre saftreichen Splintbäumen, wie Ahorn, Birke, Haine ꝛc. Manche Holzarten, z. B. Ahorn, Mehlbaum, Elsebeer, Roßkastanie, laufen selbst bei fingerlangen Trümmern unter der Rinde an und erfordern deshalb alsbaldiges Auffägen oder Aufspalten. Nachteilige Folgen scheint das Anlaufen nicht zu haben, wenn das Holz unter Dach bleibt.

Unter Verwesung des Holzes versteht man den Vorgang, vermöge dessen feuchte oder befeuchtete Holzspäne aus der Luft Sauerstoff aufnehmen und dafür ein bis jetzt nicht bekanntes Quantum Kohlensäure ausscheiden. Sie ist also eine langsame Verbrennung des Holzes auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffes, wobei die Feuchtigkeit hauptsächlich Trägerin des Sauerstoffes und Fördererin der Oxydation ist. Hierher gehört vielleicht die leichte Entmischung verbauten Eichenholzes, welche sich angeblich schon nach Jahrzehnten bemerklich macht und ein Nachlassen der mechanischen Eigenschaften zur Folge hat (S. 46).

Nach vorstehender Erläuterung können wir die alltäglich vorkommenden Fäulniszustände des Holzes schildern.

Ohne sich darum zu kümmern, durch welchen Entmischungsprozeß und unter Mitwirkung welcher Pilze sie entstehen, braucht man im Walde die Ausdrücke: rotfaul, weißfaul u. s. w.

Unter Rotfäule wird verstanden eine Zersetzung, welche mit roter Färbung des dabei entstehenden Holzes verbunden ist, wie z. B. im faulenden Inneren alter Eichen, dem die wertvollen mechanischen Eigenschaften verloren gegangen sind. Auch Reifholzbäume, wie z. B. Fichte, gleichgiltig, ob die Fäulnis von außen nach innen schreitet, oder im Innersten beginnt, nehmen bei der Zersetzung rotgelbe Farbe an. Weil das Innere des Stockes der älteste Teil des ganzen Baumes ist, findet sich Rotfäule hier am leichtesten.

Weißfäule, d. h. weißes Faulholz, entsteht bei Saftreichtum, daher bei Kern- und Reifholzbäumen vor allem im

Splint. An Kern- und Reifholzbäumen, deren Inneres sich sehr mit Saft füllen kann, wie bei vielen Ulmen und bei Nußbaum aber, sodann bei den Splintbäumen, kann sich die Weißfäule bis zur Markröhre erstrecken.

Spreuflckigkeit oder Fliegenäste sind ein bei Eichenhölzern häufiger Fehler: Mitten im anbrüchigen rotfaulen oder sonst mißfarbigen Holze erscheinen weiß ausgekleidete, weizenkornförmige Höhlungen.

Da im faulen Holze der Keil nicht mehr zieht, dient dieses Werkzeug zum praktischen Nachweise des Vorliegens faulen Holzes.

Kennzeichen von größerer oder kürzerer Dauer zeigen die Bäume schon im Walde. Bei leichtfaulenden Holzarten brechen verschattete Aeste oft nach wenigen Jahren herunter. An dauerhaften pflegen sie sich lange zu erhalten. Besonders Ueberwallungsstellen sind belehrend, weil an ihnen kurzdauerndes Holz faul, dauerhaftes dagegen gesund einzuwachsen pflegt. Die Zahl der Ueberwallungsringe läßt darauf schließen, wie lange das Holz Wind und Wetter ausgesetzt gewesen.

Auch die Dauer der Stöcke in den Holzschlägen gibt einen Anhalt zur Beurteilung. Zu vergleichenden Versuchen über die Dauer verschiedener Holzarten rammt man Pfähle von gleicher Stärke, besser ohne als mit Rinde in einen tiefgründigen ebengelegenen gleichförmigen Gartenboden.

Die **wirkliche Dauer** des Holzes hängt von einer Anzahl von **Umständen** ab, unter denen es erwachsen ist und geschlagen wurde. Begreiflich spielt die Holzart selbst eine hervorragende Rolle. Lärchen- und Eichenkernholz sind wegen ihrer Dauer in der ganzen Welt bekannt, während andere, z. B. Buchen und Vogelbeer von kurzer und Hasel von kürzester Dauer sind. Daß der Elementarbau des Holzes von Einfluß ist, unterliegt keinem Zweifel. Bestehen z. B. die Markstrahlen unserer Eichen aus besonders dichten Zellen, so begreifen wir, daß

an verwittertem Eichenholze die Markstrahlen der besterhaltene Teil sind. Grobe Poren wie am Anfange der Holzringe der Eiche sind häufig schimmelfrei, während die engeren und engsten Poren des Ringumfanges von Schimmel strotzen. Weil unter den Nadelhölzern viele im Freien dauerhafte sind, könnte man annehmen, ihr Bau sei der Dauer besonders günstig. Indessen ist darunter eines der schwersten, das der Seeföhre, im Freien von sehr kurzer Dauer. Je massiger das Holz einer Baumart, d. h. je höher sein spezifisches Trockengewicht, desto größer seine Dauer. Selbst in zersetztem Zustande geht noch die mechanische Leistung dem spezifischen Trockengewichte parallel oder gesteigert parallel. Weil übrigens massigere Hölzer, z. B. das der Eichen, stärker schwinden und in der Sonne stärker aufreißen, auch beregnet in ihren Spalten Schwämme bekommen, können sie in sommerlicher Lage kürzer dauern als geringerwertiges leichteres Holz. Eben weil im allgemeinen trocken schwereres Holz größere Dauer hat, werden in solcher nicht leicht kräftiggewachsene Bäume südlicherer Zonen (Eichen Italiens), auch südlicher Lagen an Gebirgen übertroffen. Kern- und Reifholz, wenn von höherem Trockengewicht, ist von größerer Dauer als Splint, weil es keine oder fast keine Saftbestandteile mehr enthält, welche nicht nur die Fäulnis einleiten, sondern auch die holzzerstörenden Kerfe anziehen. Holzringbreite ist nur von Bedeutung wenn sie auf das spezifische Trockengewicht Einfluß nimmt. Winterholz ist nicht besser als Sommerholz, welches geschält worden. Doch reißt es wegen langsameren Trocknens weniger auf. Der Mond hat darauf keinerlei Einfluß. Endlich ist es Vorurteil, zu glauben, Bäume, welche von Frost, von Borkenkäfern oder Raupen getötet worden, seien ohne Dauer. Freilich dürfen sie nicht in der Rinde erstickt und abgestorben sein. Junges Kern- oder Reifholz eines mäßig starken Baumes, welches in der Regel auch höheres spezifisches Trockengewicht hat, wie z. B. bei Eichen, ist das dauerhafteste Material.

Nach oben nimmt das spezifische Trockengewicht ab und gewinnt der Splint mehr und mehr die Oberhand. Damit sinkt auch die Dauerhaftigkeit. An starken Stämmen ist der innere Kern gewöhnlich selbst schon im Rückgange. Wo, wie bei Fichte, in den unteren Teilen des Schaftes außer dem Innersten das spezifische Trockengewicht nach außen zunimmt, kann das Aeußere, der Splint, dauerhafter sein als das leichtere Reifholz. In den oberen Stockwerken der Fichte ist solches ohnedies der Fall. Bei den Splintbäumen, Ahorn, Buche, Haine 2c., welche durch ihren ganzen Körper Saft und ohne Zweifel Saftbestandteile leiten, dürfte sich innerhalb derselben Holzart die Dauer lediglich nach dem spezifischen Trockengewichte des einzelnen Baumes richten.

Die Dauer eines Holzstückes wird aber auch sehr durch die **Umstände** beeinflußt, **unter denen** es dauern soll. Im starken Norden und auf Gletschergebirgen erhält sich das Holz leichter als im Süden. Selbst auf dem Böhmerwalde, bei ungefähr 600—1000 m über dem Meere, fault das dortige engjährige Fichtenholz viel langsamer als im Tiefland. Auf Sommerseiten halten wegen Wechsels im Feuchtigkeitszustande Knüppelwege viel kürzer als auf Nordseiten. Die Berührung mit dem Boden stellt das Holz in Bezug auf die Dauer sehr auf die Probe, weil hier beständiger Wechsel zwischen Sonne und Feuchtigkeit herrscht. Im Boden, stets trocken oder gleichmäßig feucht verweilend, kann Holz Jahrhunderte dauern. Daher ist gleichförmiger Thongrund der Dauer günstig, nicht aber eine in der Tiefe lagernde Thonschicht. Auch stets feuchter Sand ist nicht ungünstig, wohl aber, weil in der Feuchtigkeit stets wechselnd, Kalkboden. Beständig unter Wasser hält sich das Holz im allgemeinen am besten. An seiner Oberfläche wird es wie am Boden ebenfalls früh zerstört. In der Luft, im Schatten und geschützt gegen Regen, hält Holz, das Kerfe nicht zu befürchten hat, Jahr-

hunderte. Dabei wird es aber spröder und morscher, wie an Eichendielen schon nach 4—6 Jahren, an schlechter Esche aber zu bemerken, wenn sie kaum vollständig ausgetrocknet ist. Junges, an Saftbestandteilen reiches, zumal in der Rinde befindliches Holz von Erle, Birke, Haine, Buche, Weide wird nach wenigen Jahren von Nage- und Kammnagekäfern zerstört. Den Splint von Eichen, Edelkastanien, Zürgelbaum, Hickory, Robinie, Maulbeer, Ulme, Nußbaum, zuweilen auch Eschen, zermalmt unter Dach vom zweiten Jahr an der Splintkäfer. Seinetwegen vermutlich legen Wagner Eichenstangen ein paar Jahre in den Regen. Schälen stehender Eichen im Mai bis unter die Krone und Absterbenlassen auf dem Stocke verwandelt den Splint nahezu in Kern und erlaubt ihn als solchen mitzuverwenden. — Schließlich d. h. nach Jahrhunderten wird ohne Zweifel auch unter Dach befindliches Kernholz, zumal an feuchten Oertlichkeiten, von Nagekäfern und Bockkäfern zerstört.

In Gebäulichkeiten sind besonders nicht vollkommen getrocknete Holzsortimente gefährdet, welche mit anderem Holze zusammenstoßen oder in Mauerwerk zu liegen kommen.

Eine Klassifikation der Holzarten nach ihrer Dauer hat wegen des Zusammengreifens so vieler Einfluß gewinnender Momente ihre großen Schwierigkeiten. Vor allem wohnt den Holzarten vermöge ihres Baues und Saftgehalts verschiedene Neigung zur Entmischung inne. Eichenholz, das Muster von Dauerhaftigkeit, kann, mit Buchenholz Wind und Wetter ausgesetzt, nur 17 % an seinem spezifischen Trockengewicht und 40 % seiner Festigkeit einbüßen, während das Buchenholz bei Verlust von 35 % seines spezifischen Trockengewichtes 68 % seiner Festigkeit verlieren kann.

Unter Dach an trockenem Orte dauert Eiche viele Jahrhunderte, was ja schon die Thatsache erweist, daß es gegen 1000jährige Eichen gibt, die innerlich nicht hohl sind. Auch

Ulmen, Tannen, Fichten, Lärchen, Föhren können Jahrhunderte halten. Wo Eichen und Nadelhölzer fehlen, wie teilweise im hohen Norden, dient Aspe als notdürftiges Baumaterial. In feuchten Räumen, z. B. Erdgeschossen, Ställen ꝛc., dauern dieselben Hölzer weniger lang. Noch kürzer aber, oft kaum 20 Jahre, da wo sie vom Regen getroffen werden. Es stellen sich im Nadelholzsplinte (Fichten und Tannen) zugleich Kerfe ein. Länger hält hier außer Eichen nur Kern von Lärche und Föhre.

Wind und Wetter ausgesetzt, oder gar wie Bahnschwellen am Boden liegend, ist Birkenholz schon nach einem Jahre ganz faul, Buche und Vogelbeer nach wenigen Jahren. Mehr Dauer, 7—10 Jahre, zeigt hier Fichte, etwas mehr Tanne, noch mehr Föhren- und Lärchenkern und am meisten wieder Eiche. Auch Weiden- und Lindenholz zeigt im Verhältnisse zu seiner Leichtheit ansehnliche Dauer.

Stets unter Wasser hält Eichenholz gegen 1000 Jahre. Dabei nimmt es dunkle, schließlich schwarze Farbe an und schneidet sich wie Speck. Getrocknet zeigt es alsdann wegen starker Zusammenziehung hohes spezifisches Trockengewicht, oft höher als es ursprünglich gewesen. Auch Ulme, Erle, Buche, Föhre halten stets unter Wasser Jahrhunderte. Dabei sollen Erle und Föhre härter werden, während man von Weiden, Aspen und Birken behauptet, daß sie breiartige Beschaffenheit annehmen. Schließlich tritt freilich, wenigstens im sauren Wasser der Torfmoore, breiartiger Zustand auch bei Erlen und sicher selbst bei Föhren ein.

---

16. Fehler.

Die Zahl möglicher Fehler von Stämmen ist groß. Häufig finden sich deren mehrere an demselben Trumme zusammen. Regeln irgend einer Art in dieser Beziehung aufzustellen, ist jedoch

nicht möglich. Einzelne Fehler scheinen an die Oertlichkeit gebunden. Mitten unter lauter fehlerhaften Stämmen kann aber ein fehlerloser stehen.

Die einen Fehler sind leichter am grünen, die anderen mehr am trockenen Holz erkennbar. Am besten ist, wenn es in diesen beiden Zuständen beaugenscheinigt werden kann.

Spiegelklüfte verlaufen der Länge des Stammes nach und erscheinen auf der Hirnfläche

1) als radiale Innenrisse. Es sind deren zweierlei zu unterscheiden. Einmal der sogenannte „Waldriß", welcher den beiden Zeigern einer Uhr ähnlich als ziemlich gerade Linie durch das Mark läuft oder einen Winkel bildet, dessen Spitze das Mark ist. Der Waldriß kann sich schon in ganz jungen Laubholzbäumen finden, z. B. bei Ulmen, Zürgelbaum, Bohnenbaum, Pappeln, Roßkastanie und Erle. Er ist die Folge des allmählichen Nachaußenrückens des Saftes, indem das innere Holz am lebenden Baume schwindet. Es sind deshalb besonders Kern- und Reifholzbäume, welche ihn zeigen. Doch fehlt er auch dem Ahorn und der Buche (Splintbäume) nicht, wenn sie leichtspaltig sind. Ohne Zweifel bildet er sich vorzugsweise zur Sommerszeit. Während des Winters, der Zeit des Gequollenseins des Holzes, wird er leicht übersehen. Bildet der Waldriß fast eine gerade Linie, so ist er weniger nachteilig. Zum andern „zahlreiche Strahlenrisse von der Markröhre aus" als Folge starker Zersetzung im Innern, begleitet öfters von ausfüllender zunderähnlicher Schwammmasse, zuweilen, wie bei Buche, von bestimmendem Einfluß auf die Form des Stockumfanges, vermutlich ebenfalls Folge von Trocknis im Sommer. Beseitigung nur durch Herausspalten des kranken Stückes möglich.

2) Als Außenrisse erscheinen Spiegelklüfte infolge kalter Winter, namentlich bei leichtspaltigen Hölzern wie Eichen, Ahorn, Buchen u. s. w., oder von Trockenhitze auf undurchlassendem

Boden, bei Fichte. Häufig liegt an ersteren eine Ringkluft den Spiegelklüften zu Grunde, deren Ueberwallung der Baum alljährlich versucht, aber nicht erreicht hat. Solche Außenrisse, weil im jüngeren saftreichen Holze verlaufend, sind der Fäulnis weniger unterworfen als die Innenrisse, können aber für Dielenholz nachteilig sein.

Ringklüfte, Ring- oder Kernschäle, heißt man umfängliche Trennungen von Jahresringen. Sie können ringsum laufen, oder nur einen Teil des Umfanges begreifen, je nachdem sie von schlechter Verbindung zweier aufeinanderfolgender Holzringe, von wechselnder Ringbreite, Fäulnis, Sonnenbrand im Sommer oder Wintersonnenbrand (Glatteisschaden) oder mechanischen Ursachen herrühren. Da an gesundem Holz eine Trennung der Holzringe von einander schwieriger ist als in der Linie von Markstrahlen (S. 29), sind Ringklüfte vielmehr Zeichen von Fäulnis des Holzes und bedeutungsvoller als Strahlenrisse. Im übrigen richtet sich ihr Nachteil nach ihrer Ausdehnung. Häufig erstrecken sie sich nicht über ein oder zwei Untertrümmer.

Mondring nennt man einen bei Eichen nicht seltenen Fehler. Er ist besonders auf gewissen Standorten häufig und besteht darin, daß ein oder mehrere Holzringe weitere Holzporen und helle (weißliche oder gelbliche) Farbe zeigen, ohne durch eine scharfe Linie von dem nach außen oder innen anstoßenden übrigen Holze des Baumes getrennt zu sein. Solches Mondringholz ist von allen Schiffbauern als verdächtig, von einigen als geringwertig und kaum verwendbar angesehen. Obgleich der Mondring als besonders hygroskopisch gilt, soll Mondringholz sich schwer imprägnieren lassen. Was seine Entstehung veranlaßt, ist zweifelhaft. „Falscher Mondring" findet sich bei Holzarten, welche gegen Winterfrost empfindlich sind, wie Nußbaum, Götterbaum, Esche, Kirschbaum u. dgl. Seiner Entstehung entsprechend, ist hier ein scharf begrenzter Jahresring getötet, sofern nicht mit ihm auch alle innerhalb gelegenen Ringe mit

getötet wurden. Am falschen Mondring entstehen gern Ringklüfte.

Brüchig, brausch oder sprock nennt man ringporige Hölzer von niedrigem spezifischen Trockengewichte mit sehr breiten Ringen oder sehr engen, durch die häufige Wiederholung der Porenkreise leichter, lockerer Masse, von unansehnlicher, oft ungleichförmiger Farbe. Holz dieser Art trocknet rasch aus und ist andererseits leicht daran zu erkennen, daß es Wassertropfen begierig aufsaugt. Fässer aus brauschem Holze lassen immer Flüssigkeit durchschwitzen und haben keine Dauer, wogegen derartiges Material als Blindholz für Tischler und unter Oelfarbe den Glasern erwünscht ist.

Mit höherem Alter stellt sich bei vielen Bäumen wellenförmige Faser ein. Sie tritt in zweierlei Art auf. Entweder nämlich, wie nicht selten am Fuße von starken Buchen mit ringsum laufenden Schwielen zu sehen, nehmen die Jahresringe einen wellenförmigen Verlauf, so daß die Holzfaser, statt der Baumesachse parallel zu bleiben, dieser sich abwechslungsweise nähert und davon entfernt. In diesem Falle läßt sich das wellenfaserige Trumm radial gut spalten, ist aber in der Sehne unspaltig. Oder aber bleibt der Holzring der Achse parallel und ist am Baume von außen nichts zu sehen. Dagegen läuft die Faser schlangenähnlich oder im Zickzack in der einen Mantel bildenden Dicke des Holzringes hin und her. In solchem Falle spaltet das Holz nach dem Halbmesser gar nicht, wohl aber nach der sonst schwieriger zu spaltenden Sehne. Begreiflicherweise haben diese beiden Arten von wellenförmigen Fasern erniedrigenden Einfluß auf die mechanischen Kräfte des Holzes. Gänzlich verworren ist die Faser beim sogenannten „Maserwuchse", den wir an vielerlei Holzarten finden. Masériges Holz pflegt sich durch besondere Härte auszuzeichnen.

Drehwuchs ist die an einzelnen Individuen wohl aller Baumarten vorkommende Eigenschaft der Holzfaser, sich schrau-

benförmig um die Achse des Stammes zu winden. Sie erstreckt sich häufig bis in die dünnen Zweige. Es ist begreiflich, daß drehwüchsige Trümmer sich schwer aufspalten lassen und z. B. zu Pfosten oder Balken eher als Ganzes denn als Halb- oder Viertelholz Verwendung finden.

Strauchwuchs, Kollerwuchs, nennt man die Neigung der Bäume unter gewissen Verhältnissen von Lage und Boden, statt einen regelmäßigen Stamm zu bilden, sich vielfach zu verzweigen und meist kein einziges geradefaseriges Stück zu liefern.

Astknoten, d. h. lebend oder abgestorben eingewachsene längere oder kürzere Aststümmel, haben sehr erheblichen schwächenden Einfluß auf die wichtigsten Eigenschaften des Holzes. Deshalb umgibt die Natur die Knoten mit besonders schweren harten Jahresringen (siehe Fig. 2 S. 4) und nimmt man zu manchen Zwecken, z. B. zu Radfelgen, gern knotiges Material. Daß die Härte der Astknoten bei manchen Holzarten zur wahren Plage wird (Fichte), ist bekannt.

Auch wandelbare Ringbreite ist ein Uebelstand. Dichtes Holz schwindet nach dem früheren stärker als lockeres. Daher bildet sich an einzelnen schmalen Ringen gern eine Ringkluft. Auch löst sich, nachdem z. B. an Fichte im Schatten dichtes Holz entstanden war und bei Freistande sich breite Ringe angelagert hatten, in der Mitte leicht ein loser Zapfen. An Eichen sind Komplexe enger Ringe besonders porenreich und schwammig.

Es gibt auch relative Fehler, wie Gabeln, Krümmungen 2c. Sie können für gewisse Zwecke sehr wertvoll sein, weil man sie aus gradfaserigem Holz ohne Durchschneiden von Fasern nicht herstellen könnte.

SD
434
N64

Nördlinger, Hermann von
Die gewerblichen
Eigenschaften der Hölzer

Forestry

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

[84178]

LIBRARY
FACULTY OF FORESTRY
UNIVERSITY OF TORONTO

UTL AT DOWNSVIEW
D RANGE BAY SHLF POS ITEM C
39 09 14 08 12 006 5